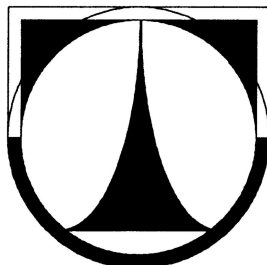


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



**VYUŽITÍ DMU PRO ZEFEKTIVNĚNÍ NÁVRHU A
REALIZACE VÝVOJE OSOBNÍHO AUTOMOBILU**

USING THE DIGITAL MOCK-UP FOR THE EFFECTIVE PROPOSAL
AND REALIZATION DEVELOPMENT OF THE CAR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

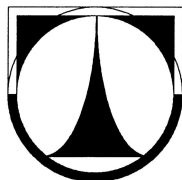
Jiřina Řeřichová

Leden 2008

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor 2302T010

Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření

Kolové dopravní a manipulační stroje

**VYUŽITÍ DMU PRO ZEFEKTIVNĚNÍ NÁVRHU A
REALIZACE VÝVOJE OSOBNÍHO AUTOMOBILU**

USING THE DIGITAL MOCK-UP FOR THE EFFECTIVE PROPOSAL
AND REALIZATION DEVELOPMENT OF THE CAR

Diplomová práce

Jiřina Řeřichová

Vedoucí diplomové práce:	Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček
Konzultant diplomové práce:	Ing. Jan Kotyk (Syscae s.r.o) Jiří Vodička (Škoda Auto a.s.)

Počet stran: 77

Počet obrázků: 43

Počet příloh: 1

Počet tabulek: 3

Leden 2008

Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA VOZIDEL A MOTORŮ



Hálkova 6, 461 17 Liberec
Tel.: +420 485 353 236, fax: +420 485 353 535

ANOTACE

JMÉNO A PŘÍJMENÍ:	Jiřina Řeřichová
OBOR:	Konstrukce strojů a zařízení
ZAMĚŘENÍ:	Kolové dopravní a manipulační stroje
NÁZEV PRÁCE:	Využití DMU pro zefektivnění návrhu a realizace vývoje osobního automobilu
VEDOUcí PRÁCE:	Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček
KONZULTANT:	Ing. Jan Kotyk (Syscae s.r.o.) Jiří Vodička (Škoda Auto a.s.)

Diplomová práce se zabývá využitím procesů DMU (Digital Mock-Up) souvisejícími s vývojem osobních automobilů, převážně digitálních prototypů, ve firmě Škoda Auto a.s.

V úvodu je krátce popsána historie firmy a vysvětlení vývoje CAD dat. Následně jsou zmapovány veškeré procesy a aplikace, které jsou dnes používány k DMU analýzám při tvorbě digitálních prototypů. Pro efektivní využití DMU je potřebná integrace komplexních informací o výrobku po celý jeho životní cyklus. Po kompletní analýze současného stavu jsem posoudila výhody a nevýhody jednotlivých použitých systémů. Jejich vyhodnocením jsem dospěla k závěru, že nejvýhodnějším řešením je tzv. zúžení portfolia PDM/PLM systémů na jediný a doporučuji TeamCenter.



Hálkova 6, 461 17 Liberec
Tel.: +420 485 353 236, fax: +420 485 353 535

ANNOTATION

NAME:	Jiřina Řeřichová
SPECIALIZATION:	Mechanical Engineering
ALIGNMENT:	Transport and Material Handling Machines
THEME OF THESIS:	Using the Digital Mock-Up for the Effective Proposal and Realization Development of the Car
TUTOR OF THESIS:	Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček
CONSULTANT:	Ing. Jan Kotyř (Syscae s.r.o.) Jiří Vodička (Škoda Auto a.s.)

This Diploma Thesis deals with using the process Digital Mock-Up related with development of the car, mainly digital prototypes, in the SKODA AUTO company.

In the introduction is shortly described genesis of company and explanation of evolution the CAD data. After that are charted all the processes and application, which are used to DMU analysis attached creation of digital processes. For the effective use DMU is necessary to integrate complex information about the product all the time of its life cycle. After the complete analysis of status quo am I consider all of the advantages and disadvantages the single systems which are used. I have come to conclusion, after analysis of all of these systems, that the best resolution is so-called decreasing of the portfolio PDM/PLM systems on the only one and I recommend the TeamCenter.

Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V dne

.....

podpis

Poděkování

Děkuji panu Ing. Janu Kotykovi a panu Jiřímu Vodičkovi za odborné vedení mé diplomové práce, poskytování cenných rad a důležitých informací.

Zároveň bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce z katedry Vozidel a motorů TU v Liberci panu Doc. Dr. Ing. Pavlu Němečkovi.

Mimořádné poděkování patří mému dvanáctiletému synovi Petrovi za velkou podporu a důvěru během mých studií.

Zkratky a odborná slova

Zkratka	Vysvětlení
B-uvolnění	Uvolnění k zahájení přípravy výroby (zadání zakázky pro nákup strojů, zkušeb. zařízení, provoz. prostředků, závazné objednávky nakupovaných dílů)
CAD	<u>Computer Aided Design</u> – počítačem podporovaná konstrukce. Nástroj k vytvoření a optimalizaci konstrukčního návrhu prostřednictvím počítače. Zahrnuje počítačovou grafiku, uživatelský interface a geometrické modelování.
CAE	<u>Computer Aided Engineering</u> – počítačem podporované konstruování – zkratka označující software nebo obor pro technické výpočty a navrhování. Zahrnuje obvykle CAD, NC programování, nástroje na plánování a řízení kvality.
CAM	<u>Computer Aided Manufacturing</u> – počítačem podporovaná výroba – zkratka označující software (nebo obor) pro řízení či automatizaci výroby, např. obráběcích strojů, robotů.
Dipon	Kusovník pro výrobu prototypů.
DDKM	<u>Digital Datakontrolmodel</u> - digitální datový kontrolní model – 25 měsíců před zahájením výroby. Znázorňuje všechny prvky vozu, které může zákazník vidět. Geometrická data popisují montážní polohu jednotlivých součástí a montážních celků.
DKM	<u>Datakontrolmodel</u> - datový kontrolní model je fyzickou reprodukcí dat sériového produktu v poměru 1:1. Slouží k vizuální kontrole a je vzorem pro všechny další výrobní procesy. Je tedy srovnávacím měřítkem pro výrobu.
DMU	<u>Digital Mock-Up</u> – digitální prototyp, digitální obraz skutečného modelu, virtuální sestava – popis geometrie a rozpadové struktury výrobku v počítači pomocí CAD dat
ERP	<u>Enterprise Resource Planning</u> - manažerský informační systém, který integruje a automatizuje velké množství procesů souvisejících s produkčními činnostmi podniku. Typicky se jedná o výrobu, logistiku, distribuci, prodej, fakturaci, apod.

FEM	<u>Finit Element Method</u> - Metoda konečných prvků je účinná numerická metoda, umožňující analytické řešení řady rozmanitých inženýrských problémů. Je založena na principu náhrady tvarově složitěho tělesa, nebo soustavy těles, konečným počtem jednoduchých vzájemně spojených geometrických tvarů, tzv. elementů. Vlastnosti a chování jednotlivých elementů, popsané příslušnými rovnicemi, se dají relativně jednoduše vypočítat. Výpočtem zjištěné výsledky ukazují vlastnosti a stav součásti (soustavy), vystavené zadanému zatížení.
Hybrid	Kombinace několika různých zdrojů, např. podvozek automobilu třídy A s karoserií třídy B.
KVS	Databáze dílů všech formátů
LCS	<u>Life Cycle States</u>
OS	<u>Nultá série</u> - slouží k definitivnímu prověření výrobního procesu a sériové výroby. Jejím úkolem je prověřit vhodnost a rozměrovou stálost jednotlivých dílů vyráběných sériovými nástroji a funkci provozních prostředků v podmínkách sériové výroby. 4 měsíce před startem výroby.
PDM	<u>Product Data Management</u> – elektronická správa dat o výrobku. Tyto dokumenty obsahují veškerá data týkající se výrobku.
PK	<u>Prezentace kolizí</u> – systém pro ukládání protokolů analýz v MU
PLM	<u>Product Life Management</u>
PPS	Zahájení plánování nového výrobku – 54 měsíců před zahájením výroby
PVS	Předvýrobní série – 8 měsíců před zahájením výroby. Ověřovací série předchází nulté sérii. Úkolem ověřovací série je zabudovat jednotlivé součásti z operací důležitých pro rozměrovou a tvarovou stálost, pokud jsou opracovávány sériovými nástroji, a vyzkoušet funkci jednotlivých provozních prostředků a montážních zařízení s cílem potvrdit způsobilost provozních prostředků, zkušebních postupů a zařízení z hlediska procesu.

P-uvolnění	Uvolnění k zahájení plánování výroby (nákup, konstrukce výrobních zařízení).
SOP	<u>Start of Production</u> - Začátek sériové výroby.
Status „E“	Pracovní stav
Status „I“	Závazný stav
TPB	Technický popis výrobku
VOWA	Přední část vozu (Vorderwagen).
VPM	<u>Virtual Product Model</u> - Systém pro správu dat souvisejících s procesem vzniku výrobku.
VW	Volkswagen Aktiengesellschaft

Obsah

1	Úvod.....	13
2	Charakteristika prostředí	14
2.1	Škoda Auto a.s.	14
2.2	Motivace.....	17
3	Vývoj CAD.....	19
3.1	Historie	19
3.2	CAD data – 2D, 3D.....	20
3.3	Vývoj oblastí CAD a CAM.....	22
4	DMU (Digital Mock-Up)	23
4.1	PDM – Product Data Management.....	25
4.2	PLM – Product Lifecycle Management.....	26
5	Analýza současného stavu	27
5.1	CAD prostředí.....	28
5.1.1	CATIA V4	28
5.1.2	CATIA V5.....	30
5.1.3	DMU Navigator při CATIA V5.....	31
5.1.3.1	Vizuální prohlídka	32
5.1.3.2	Kontrola geometrie	32
5.1.3.3	Pohybové simulace a ověřování montáže	33
5.1.3.4	Ověřování montáže a demontáže.....	33
5.1.3.5	Ověření ergonomie.....	33
5.1.4	Pro-ENGINEER	34
5.1.5	VIW – Command Vox.....	35
5.1.6	KineoCam	35
5.2	PDM/PLM prostředí.....	37
5.2.1	HyperKVS	37
5.2.2	VPM – Virtual Product Model	38
5.2.3	Windchill.....	40
5.2.4	SmarTeam	41
5.2.5	TeamCenter	43

5.3	Procesy tvorby digitálních prototypů.....	49
5.3.1	Nasazení DMU ve Škoda Auto:	50
5.3.2	Přehled činností DMU ve vývoji Škoda Auto a.s.	51
5.3.3	Vývojové DMU	52
5.3.4	Prototypové DMU.....	55
5.3.5	VOWA DMU	56
5.3.6	DMU jako zdroj informací.....	57
5.3.7	Uživatelé DMU	57
6	Výsledky analýzy.....	58
6.1	HyperKVS.....	59
6.2	VPM.....	60
6.3	Windchill.....	62
6.4	SmarTeam.....	63
6.5	TeamCenter	64
7	Doporučení	65
7.1	Konsolidace – sloučení PDM/PLM systémů	65
7.2	Implementace – uvedení do praxe	68
8	Ekonomická efektivnost – pozorování.....	71
8.1	Účinky PLM v oblasti automobilového průmyslu:	72
8.2	Celkové úspory.....	72
8.2.1	Snížení nákladů	72
8.2.2	Větší flexibilita	73
8.2.3	Lepší kvalita	73
8.2.4	Časové úspory	73
9	Závěr.....	74
10	Seznam obrazové dokumentace.....	75
11	Tabulky - seznam.....	76
12	Seznam příloh.....	76
13	Seznam použité literatury.....	77

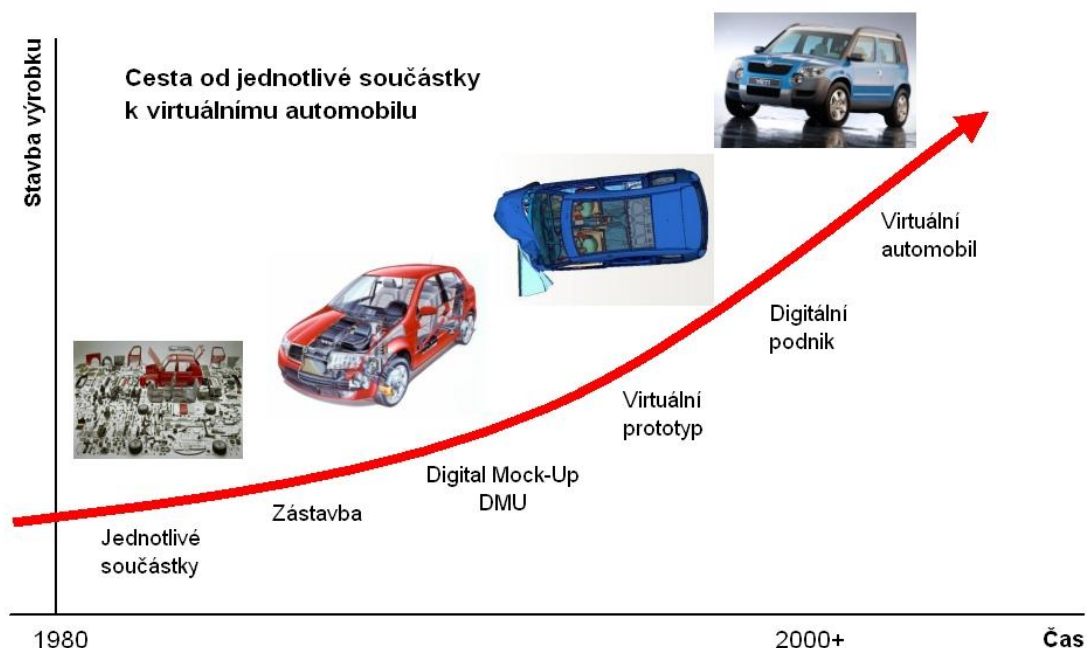
1 Úvod

Ověřování výsledků vývoje výrobku pomocí zkoušek prototypu není nic nového. Souvisí s rozvojem průmyslové výroby na začátku dvacátého století, zejména se zahájením sériové a hromadné výroby. Úkolem prototypu je potvrdit v prototypových zkouškách před zahájením přípravy technologie sériové výroby, zda výrobek plní projektované parametry. Tato etapa vývoje plní svůj účel dodnes a těžko ji bude možno kdy vynechat.

Klasické postupy při zkouškách prototypu už však nevyhovují moderním trendům vývoje nových výrobků. Těmi jsou zejména přechod na digitální konstrukční a záznamová média, spolupráce vývojových týmů po celém světě, vývoj komponentů u subdodavatelů, kratší inovační cyklus, tlak na zvyšování kvality, spolehlivost a na snižování nákladů.

Důsledkem je nutnost racionalizovat i etapu ověřování prototypu, tj. především ji zkrátit a zlevnit. To se dá realizovat zejména snížením počtu fyzicky realizovaných a zkoušených variant a změn prototypu.

Digitální období s počítači a virtuální svět v automobilovém průmyslu posledních desetiletích vzrostl. Stoupající různorodost výrobků a individuální varianty vybavení vyžadují vývoj v rekordním čase.



Obr. 1 Cesta od jednotlivé součástky k virtuálnímu automobilu

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, 2006

2 Charakteristika prostředí

2.1 Škoda Auto a.s.

Škoda Auto a.s. dnes patří mezi nejvýznamnější firmy v České republice. Svými aktivitami však významně přispívá k dynamice růstu celého průmyslu i v řadě dalších zemích světa. Málokterý výrobce automobilů se může pyšnit výrobou automobilů po dobu celého století. Škoda Auto tedy patří svou historií k nejstarším firmám ve svém oboru na světě.

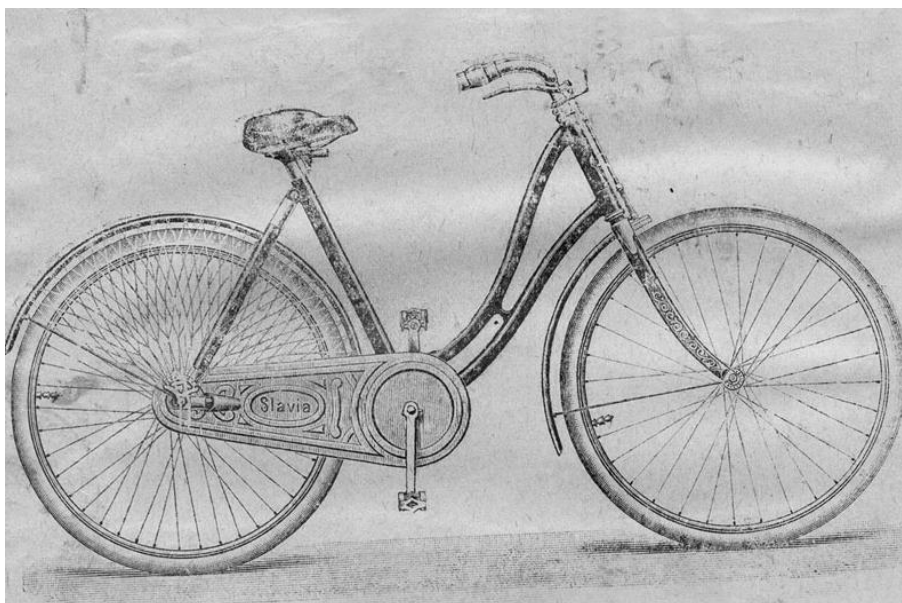
Pohled do historie automobilky:



Obr. 2 Znaky firmy od počátku působení až doposud

zdroj: www.skoda-auto.com

1895 – Mechanik Václav Laurin a knihkupec Václav Klement (Laurin & Klement) začali vyrábět kola Slavia

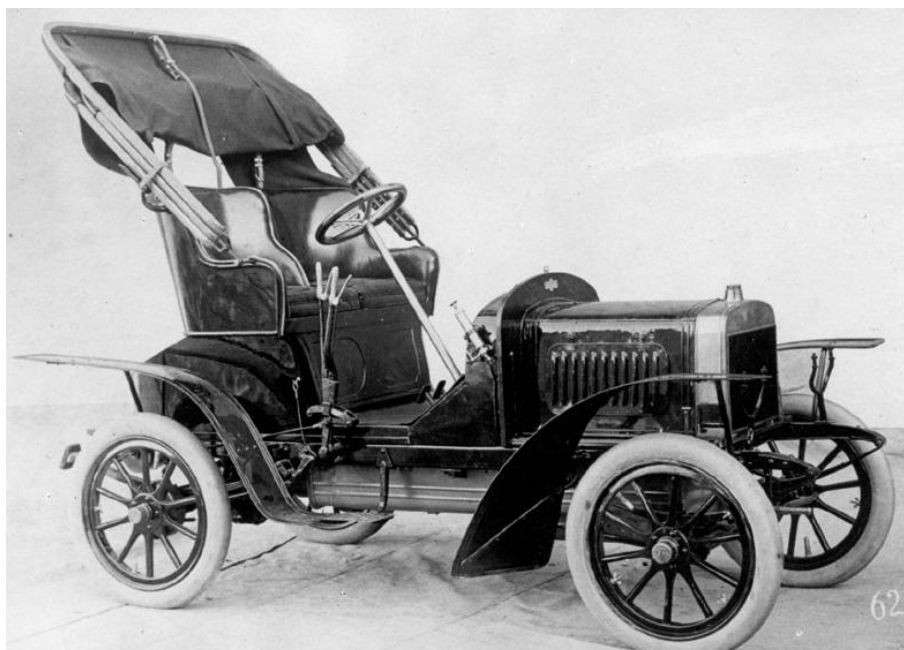


Obr. 3 Kolo Slavia, 1895

Zdroj: <http://tuning-skoda.blog.cz/0602/jizdni-kolo-slavia-1895>

1899 – zahájena výroba motocyklů

1905 – první automobil Voiturette L&K typu A



Obr. 4 Automobil L&K Voiturette, 1905

Zdroj: <http://tuning-skoda.blog.cz/0602/voiturette-l-k-type-a-prvni-automobil-1905-1910>

1907 – založena akciová společnost Laurin & Klement

1925 – automobilový závod Laurin & Klement se sloučil s plzeňskou strojírnou Škoda

1930 – založena akciová společnost pro automobilový průmysl – ASAP – zahájena pásová výroba

1939 – 1945 – během druhé světové války se továrna podílela na výrobě vojenského materiálu. Na podzim roku 1945 byla továrna zestátněna – AZNP – Automobilové závody, národní podnik.

1946 – rekonstrukce podniku

1964 – výroba vozu Š 1000 MB

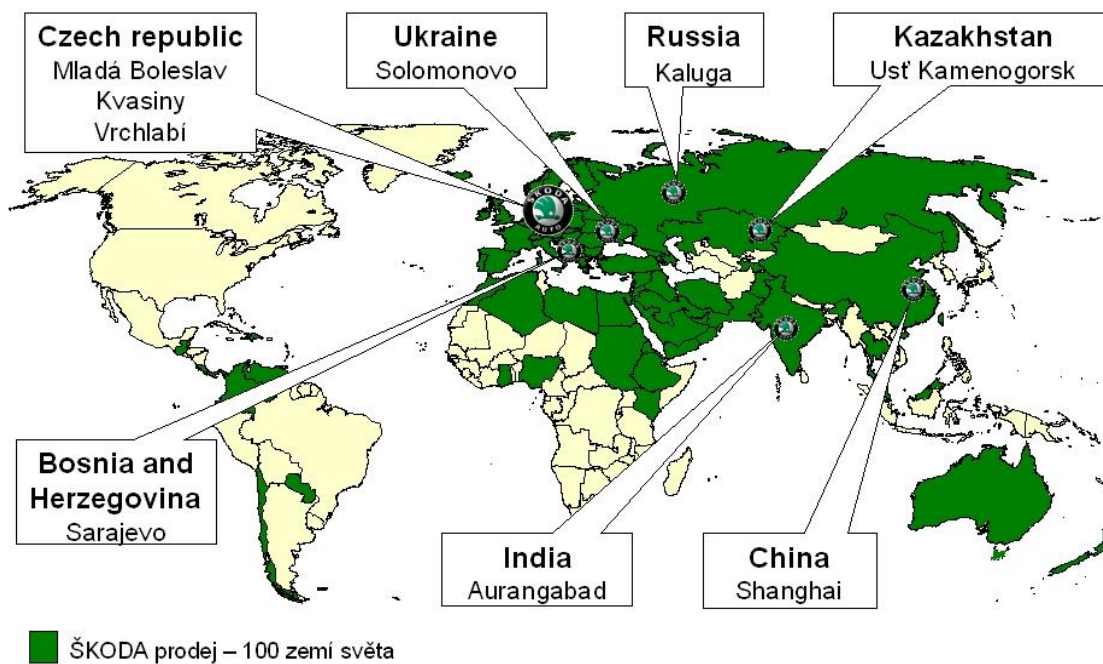
1991 – Škoda se stala součástí koncernu Volkswagen AG

2005 – rozšířené produktové portfolio – Yeti, Octavia RS, ...

2006 – firma Škoda Auto dosáhla prodeje 549 667 aut

2007 – uvedení na trh - modely Octavia Scout, nový model Fabia...

Současná produkce:



Obr. 5 Prodej značky Škoda ve světě, 2007

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, 2007

	Třída vozu - A0	Třída vozu - A	Třída vozu - B
MPV	Roomster 		
COMBI	Fabia 	Octavia 	
SEDAN			Superb 
HATCHBACK			
4x4		Scout 	

Obr. 6 Produkce automobilů v roce 2007

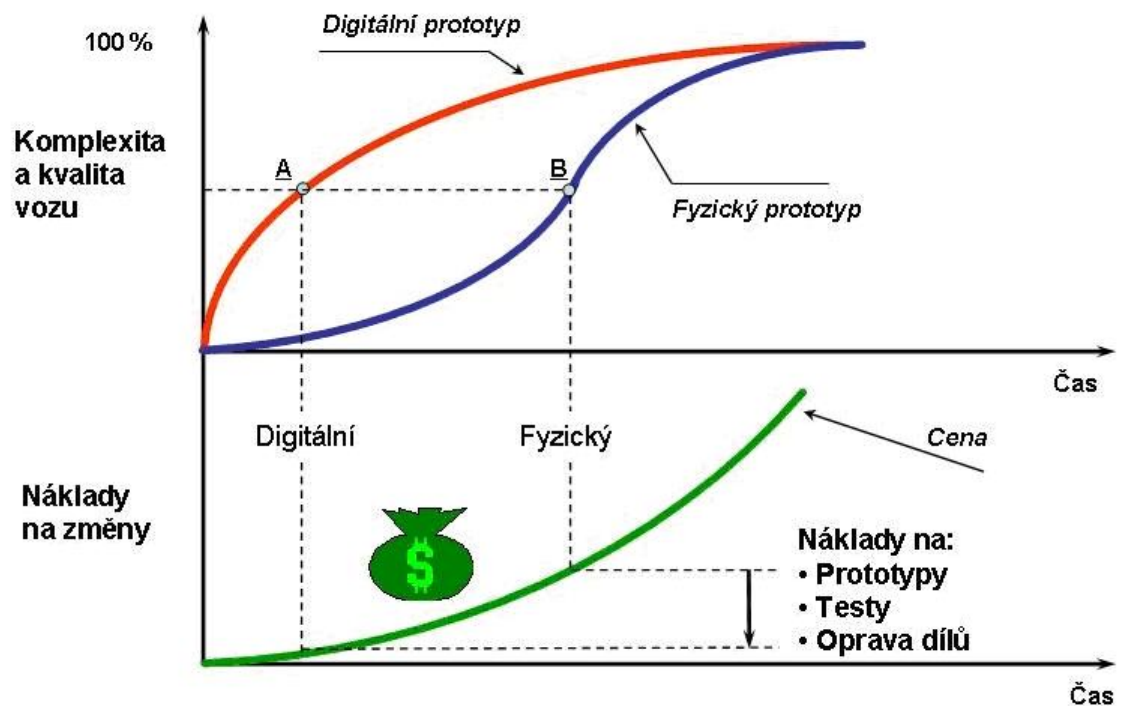
zdroj: Interní materiály Škoda Auto, 2007

2.2 Motivace

Dílčí motivace:

- Vyšší produktivita
- Lepší kvalita
- Kratší výrobní cyklus
- Úspora nákladů
- Konkurenceschopnost
- Zisk
- ...

Náklady na tvorbu prototypů



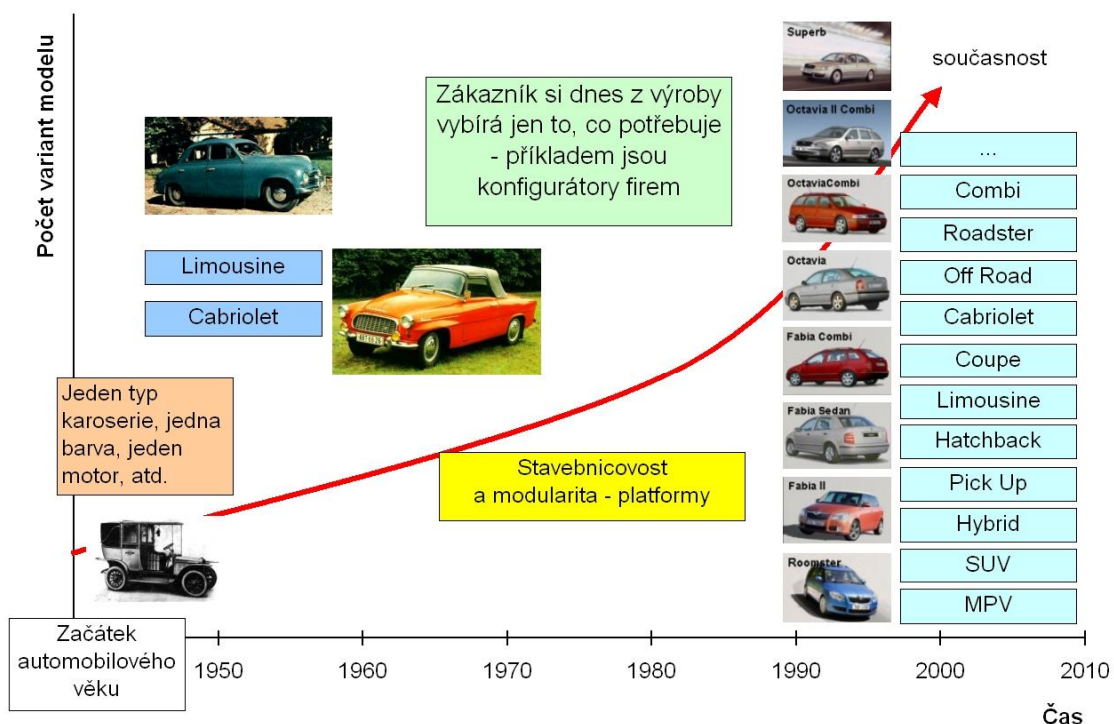
Obr. 7 Motivace pro tvorbu digitálních prototypů

Zdroj: Siegfried Moessinger, *Using PLM to transform to an on demand business*, 2003

Náklady na změny výrobku s postupem vývoje stoupají, zatímco cena změny je v počátku vývoje téměř zanedbatelná. Není ještě vyrobeno nářadí ani plán výroby, ale změna v další etapě vývoje je už znatelná. Nejnákladnější jsou změny realizované po uvedení do výroby, kdy se už většinou musí vyrobit nové nářadí. Například cena obou celých setů lisovacího nářadí na postranice vozu je 3,6 mil. € a v případě jeho nové výroby se jedná o značné náklady navíc.

Aby bylo možné vyřešit co nejvíce problémů hned na začátku samotného vývoje, je nutné vědět o budoucím výrobku co nejvíce informací. Není možné čekat na výrobu fyzického prototypu a teprve potom ověřovat montáž a provádět další potřebné zkoušky.

Digitální prototypy umožňují simulovat výrobky a ověřovat je již v raných fázích vývoje. Významně tím přispívají ke snižování nákladů.

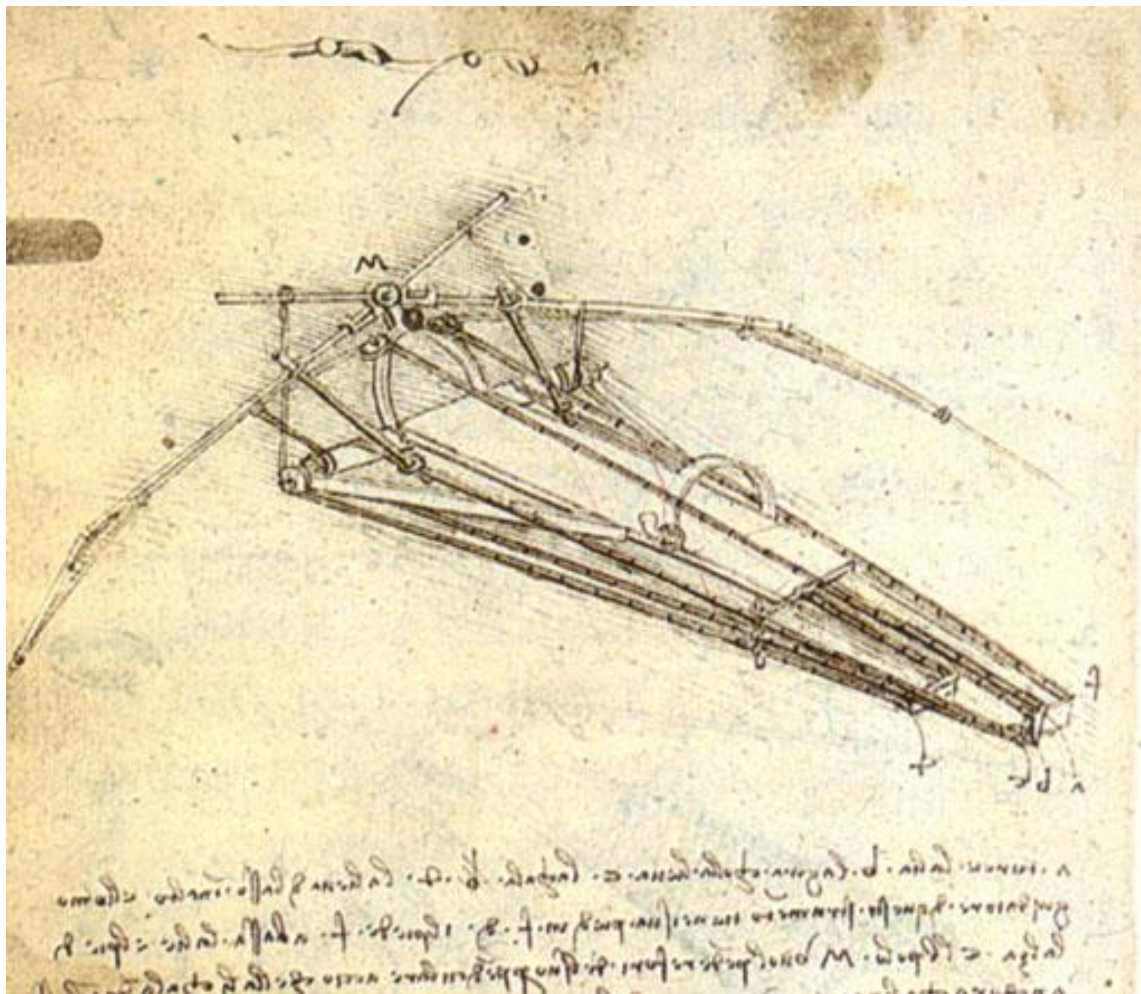


Obr. 8 Variantní různorodost jednotlivých modelů v čase

3 Vývoj CAD

3.1 Historie

Již v dávné minulosti lidé zachycovali své myšlenky formou různých obrázků a skic. Mezi první poznámky na papír patří například skica létajícího stroje od Leonarda da Vinciho z roku 1488.

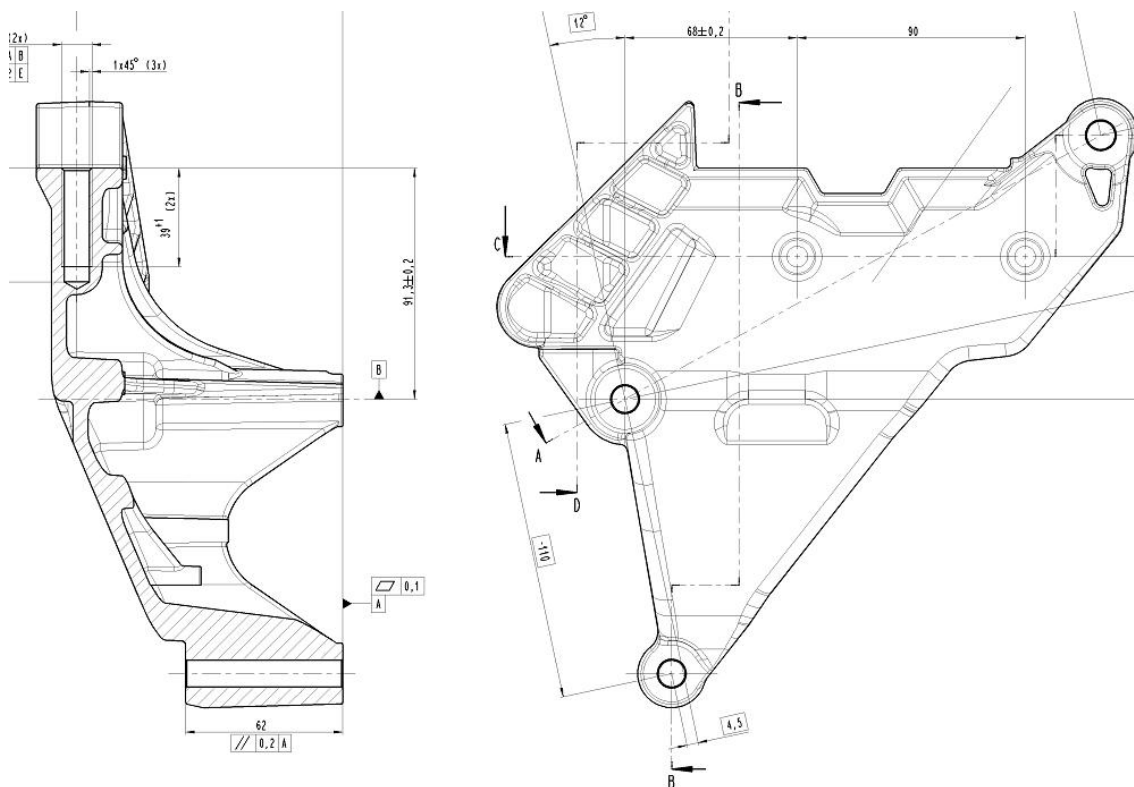


Obr. 9 Schéma létajícího stroje – Leonardo da Vinci, 1488

zdroj: <http://www.drawingsofleonardo.org/>

3.2 CAD data – 2D, 3D

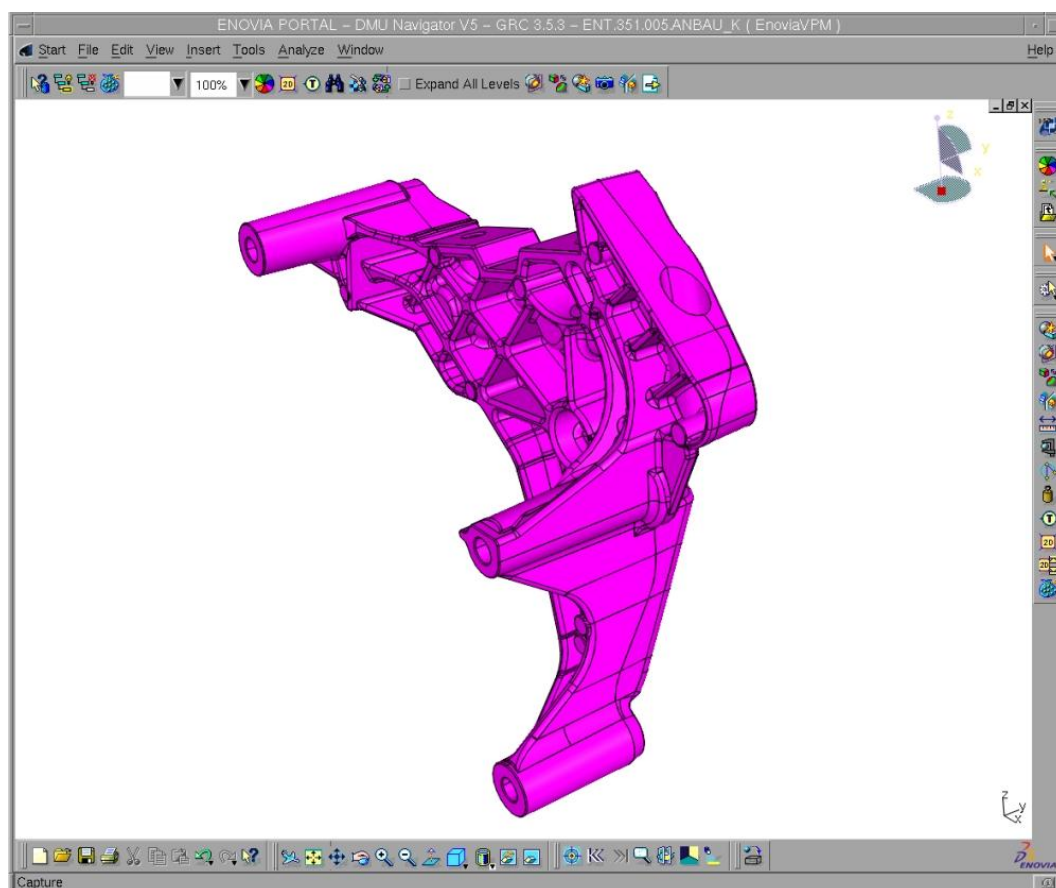
Než ale můžeme zhotovit samotný výrobek, musíme od samého počátku návrhu dodržovat určitá pravidla tvorby technické dokumentace.



Obr. 10 Část výkresu nosiče motoru

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, Výkres nosiče motoru – číslo dílu 03G.199.207.F, 2007

Představit si konečný tvar součástky podle výkresu není jednoduché. Chybí nám prostorová informace a k jejímu docílení potřebujeme znát ještě další pohledy a řezy. Zpracování jakýchkoliv dalších změn, zejména tvarových, znamená začít s novým návrhem.



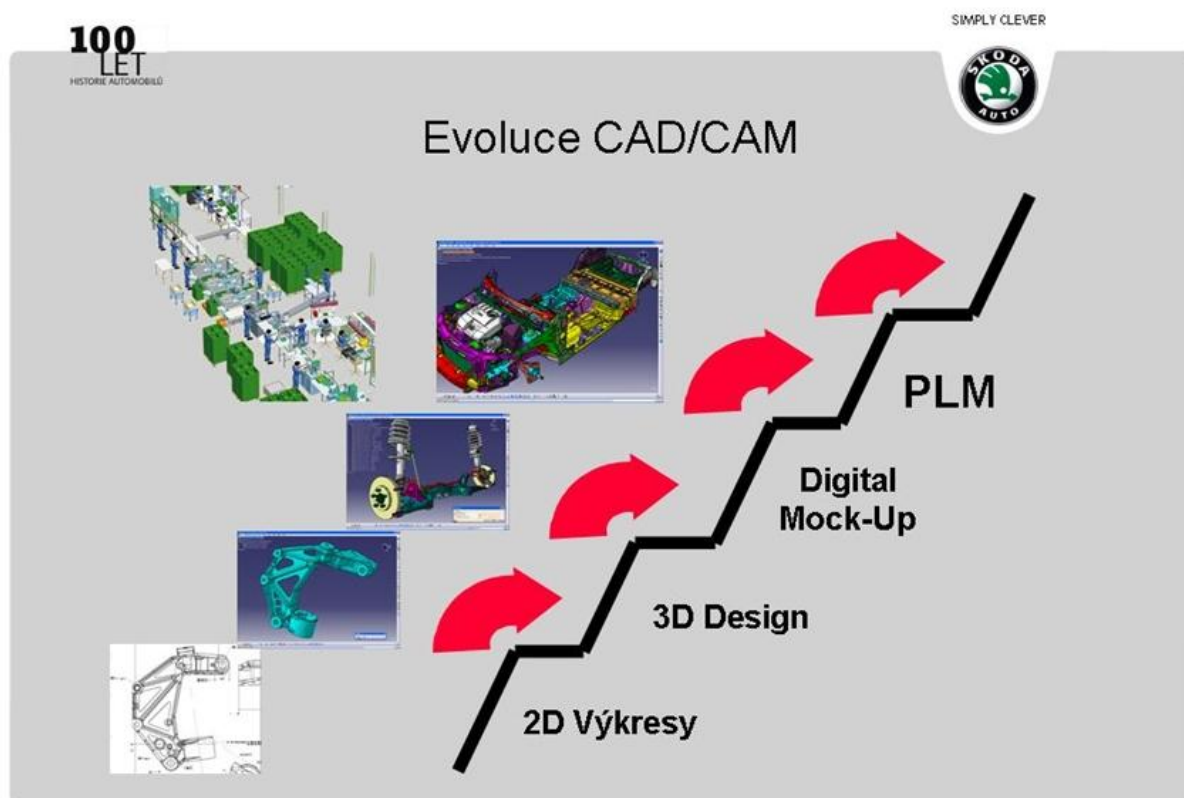
Obr. 11 3D-CAD nosiče motoru

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, *Nosič motoru – číslo dílu 03G.199.207.F, 2007*

Na předchozích obrázcích je patrný rozdíl mezi 2D výkresem a 3D modelem stejné součástky. Oproti výkresu můžeme se 3D modelem v programu prostorově manipulovat a získat tak přesný tvarový vjem. Díky pokročilým konstrukčním funkcím a parametrizacím základních rozměrových hodnot můžeme součástku velice rychle modifikovat. Výsledkem je velký **nárůst produktivity**.

3.3 Vývoj oblastí CAD a CAM

Rozvoj informačních a komunikačních technologií přispěl k rozvoji oblastí CAD a CAM. Rýsovací prkna byla na konci dvacátého století nahrazena CAD aplikacemi. Dnes 3D data dominují celému procesu vývoje vozu. Jejich existence a vysoká kvalita pomáhá k lepšímu využití všech disciplín vývoje produktu a jejich sloučení v procesu tvorby digitálních prototypů. Dochází k využití všech disponibilních potenciálů a tím k **úspoře nákladů a zvýšení produktivity**. Dalším evolučním stupněm je integrace těchto komplexních informací o produktu do celého procesu životního cyklu výrobku. Hlavním mottem vývoje CAD je přesun co nejvíce činností procesu vývoje do nehmotného, virtuálního prostředí.

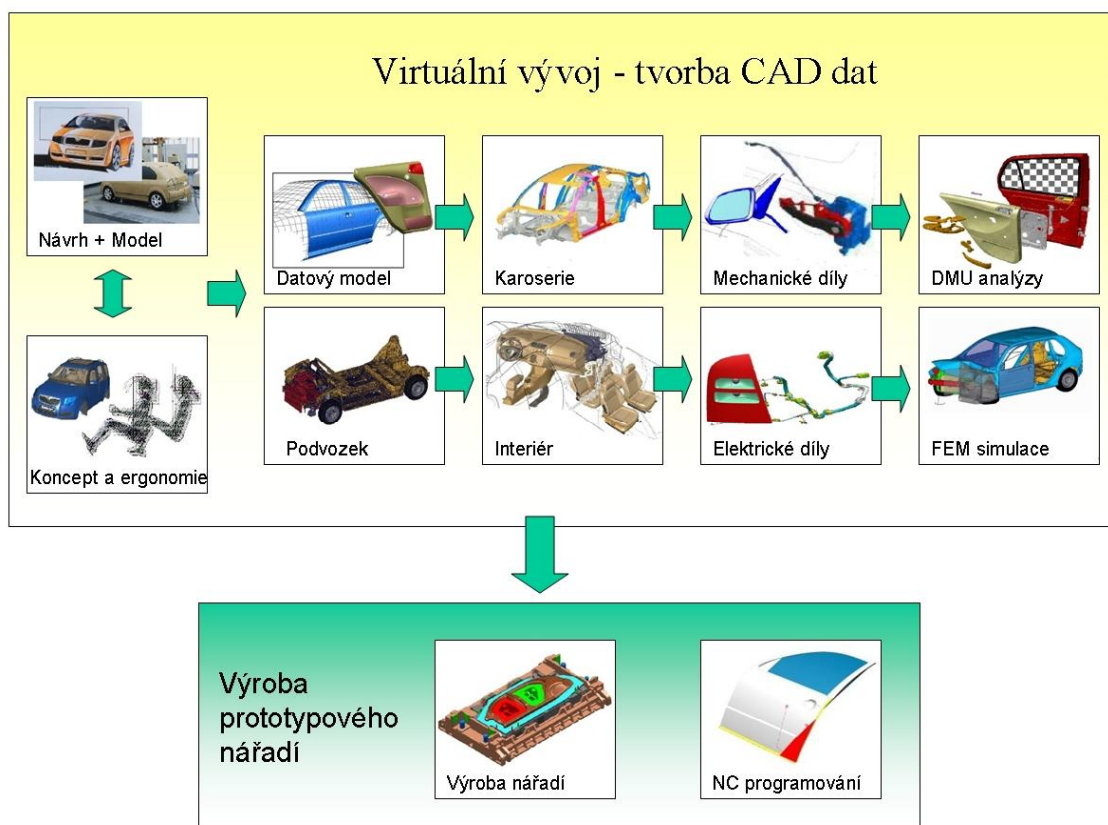


Obr. 12 Evoluce CAD

zdroj: Interní materiály Škoda Auto – prezentace pro vedení EO, Evoluce CAD, 2006

4 DMU (Digital Mock-Up)

Pod pojmem digitální prototyp (DMU) se neskrývá pouze 3D model, ale co nejkomplexnější přístup včetně simulací všech kinematických pohybů, které budoucí výrobek bude vykonávat a identifikace kolizí. Pomocí databáze dílů jsme schopni analyzovat problémy, které také mohou nastat při samotné montáži či demontáži. To vede k **úspoře času i finančních prostředků**.



Obr. 13 Virtuální vývoj automobilu

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, *Car development*, 2006

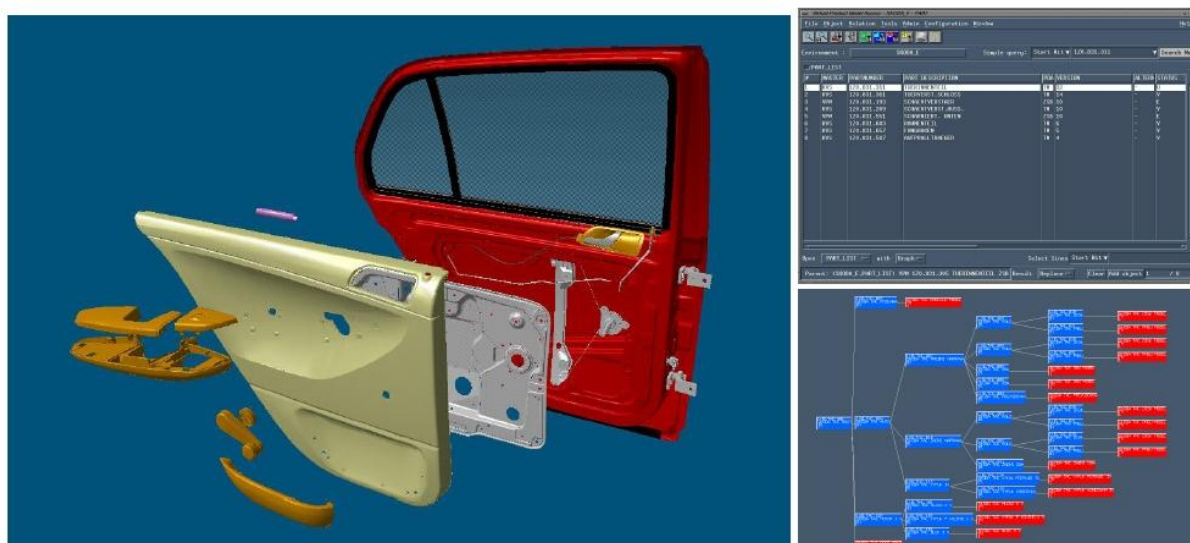
Digitální prototyp je počítačový model komplexního výrobku, na němž lze provádět různé zkoušky, kontroly a ověřování funkčnosti a to případně i lépe než na fyzickém prototypu. U složitějších výrobků, jako je například osobní automobil, nebude možné zkoušení fyzického prototypu vynechat. Nicméně **snížení počtu fyzických prototypů** ztelně **šetří náklady i čas** a o to dnes v prostředí ostré konkurence jde.

Ve Škoda Auto je pod pojmem DMU ukryta virtuální sestava. Geometrie a struktury sestav produktu jsou popsány v počítači prostřednictvím:

- Ø kusovníků – informací o struktuře
- Ø atributů – jmen, názvů a popisů
- Ø administrativních příznaků – přístupových oprávnění
- Ø CAD dat – ploch, objemů, ostatní geometrie

DMU dále slouží jako zdroj informací pro následné simulační a vizualizační funkce. Jde zejména o zjišťování vzájemných kolizí, simulace montáže a demontáže, sloužících k posouzení smontovatelnosti jednotlivých dílů.

DMU je proces tvorby digitálních prototypů, při kterém jsou využívány systémy PDM.

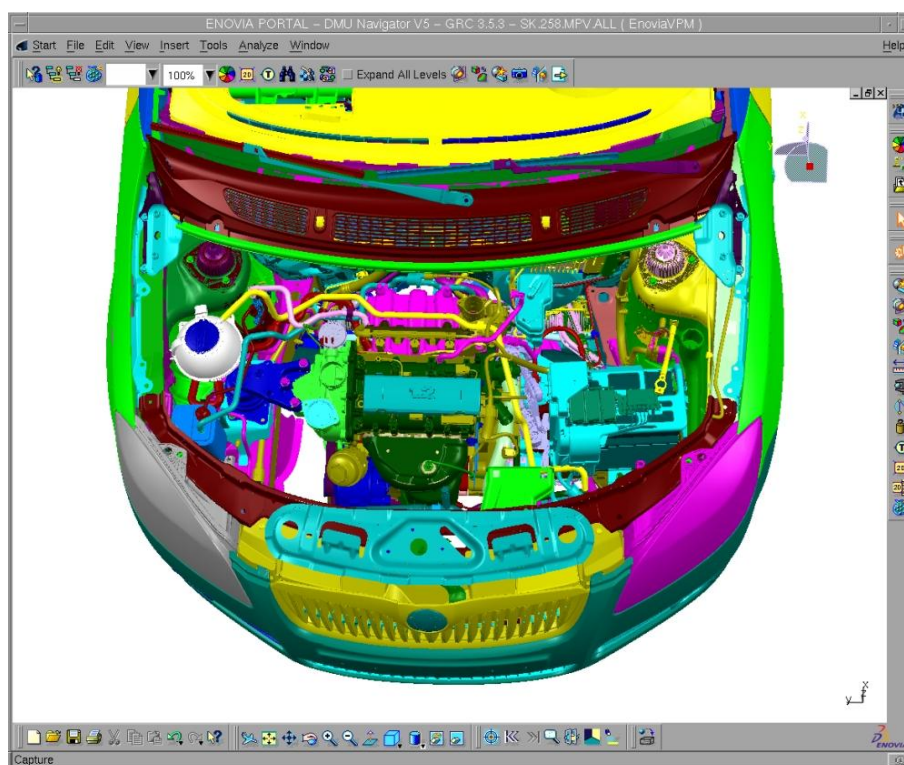


Obr. 14 DMU – virtuální sestava – zadní levé dveře

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, Využití systému ENOVIA VPM, 2007

4.1 PDM – Product Data Management

Současně s rozvojem CAD/CAM se koncem 20.století objevují PDM systémy, které se zabývají správou konstrukčních dat v předvýrobních etapách. Důležité pro další vývoj těchto systémů je potřeba rychle, jednoduše a bezpečně přistupovat k platným datům. Základním kamenem tedy je poskytnout uživatelům jeden zdroj dat, aby mohly být zabezpečeny všechny požadavky na platnost dat při jejich neustálé aktualizaci, a kontrolovat jakým způsobem uživatelé data vytvářejí a modifikují, tedy zejména podporovat proces DMU.



Obr. 15 Projekt SK258 – Škoda Roomster

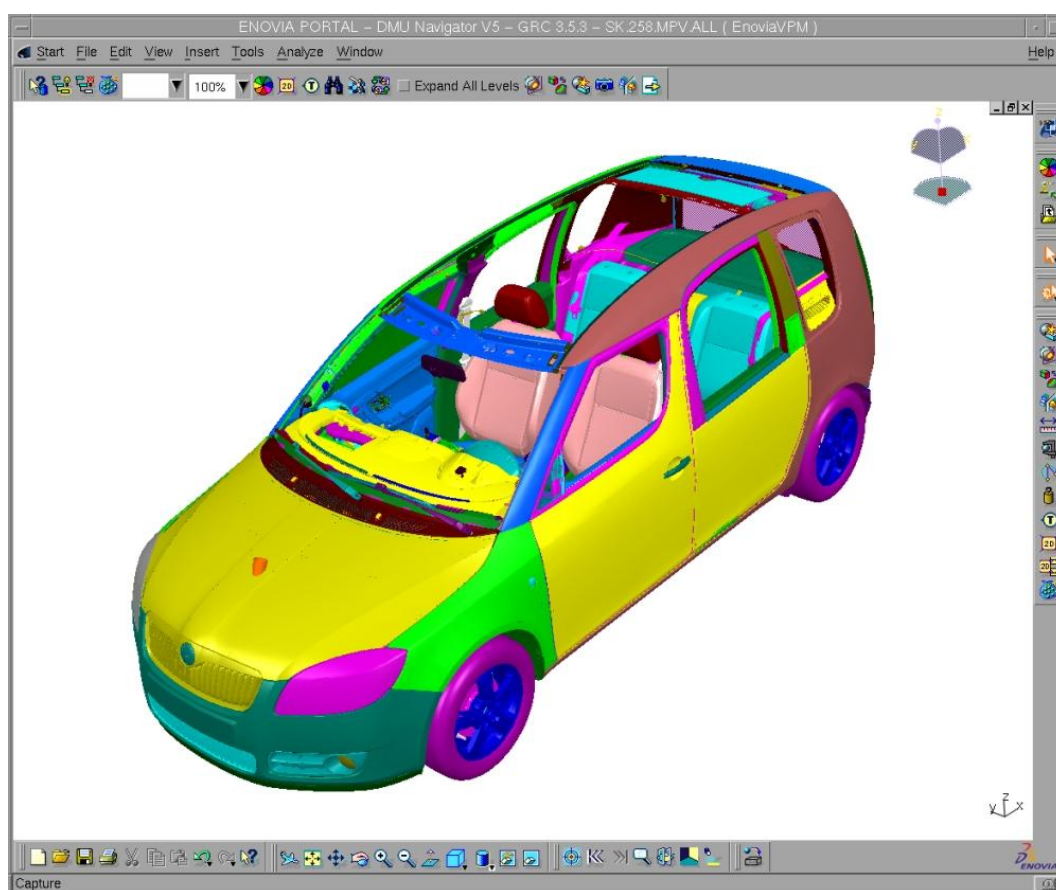
zdroj: Interní materiály Škoda Auto, SK258 Škoda Roomster, 2007

Obecně zajišťují PDM systémy výrazné zvýšení produktivity práce:

- dovolují uživatelům věnovat více času úkolům,
- umožňují opětovné použití návrhu, standardních dílů a procesů,
- umožňují souběžnou týmovou práci a sdílení dat,
- zvyšují kvalitu při rozhodovacím procesu,
- zaručují ochranu a bezpečnost dat, autorizaci přístupů.

4.2 PLM – Product Lifecycle Management

PLM řeší časový průběh procesů a posouvá se tak ze 3D do 4D prostoru. Vývoj PLM systémů souvisí s postojem k zákazníkovi. Zatímco dříve se upřednostňovala snaha o dokonalý výrobek, dnes jde především o spokojeného zákazníka. To znamená, že výrobní podnik se musí zabývat výrobkem v celém jeho cyklu vývoje. Počínaje průzkumem trhu, pokračujíc vývojem, výrobou, dodávkou zboží zákazníkovi a konče likvidací výrobku. Celý tento proces je dále modifikován v závislosti na trhu, kdy dochází k inovaci výrobku až postupně dojde k nahrazení zcela novým výrobkem.

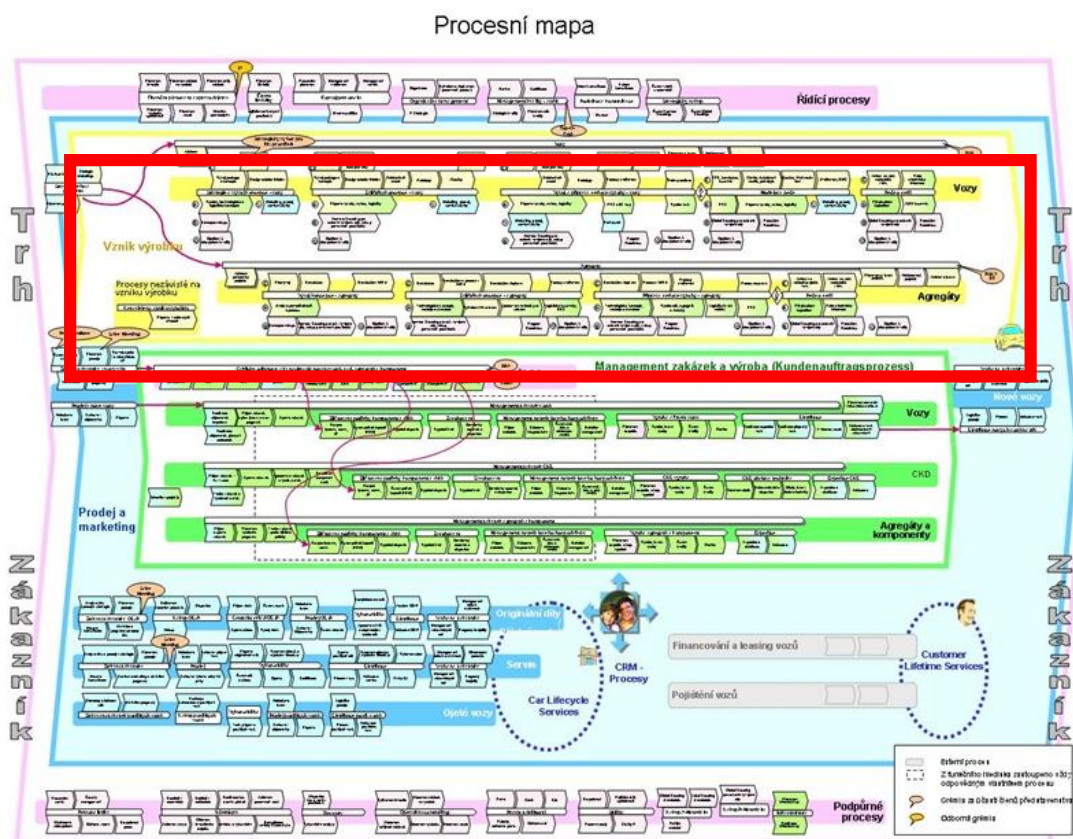


Obr. 16 Projekt SK258 – Škoda Roomster

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, SK258 Škoda Roomster, 2007

5 Analýza současného stavu

Procesy, kde se používají CAD a CAM data, najdeme ve Škoda Auto téměř všude. CAD systémy dnes nedominují pouze v technickém vývoji, ale také v odděleních kvality, výroby, logistiky, marketingu, nákupu, servisu a v dalších odděleních.



Obr. 17 Procesní mapa

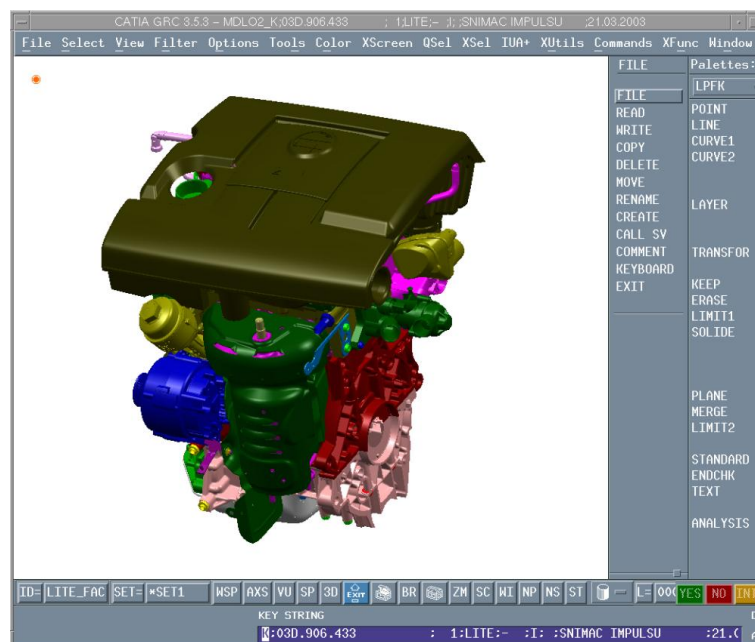
zdroj: Intranet Škoda Auto, *Procesní mapa*, 2006

Dostupné z: <http://intranet.mb.skoda.vwg/eop/cz>

Pro účely této diplomové práce jsem vybrala pouze aplikace, které přímo souvisí s procesem vzniku výrobku a stavbou digitálních prototypů. Na obrázku se jedná o červeně zvýrazněnou část.

5.1 CAD prostředí

5.1.1 CATIA V4



Obr. 18 Pracovní prostředí CATIA V4 – motor 1,2L 47kW

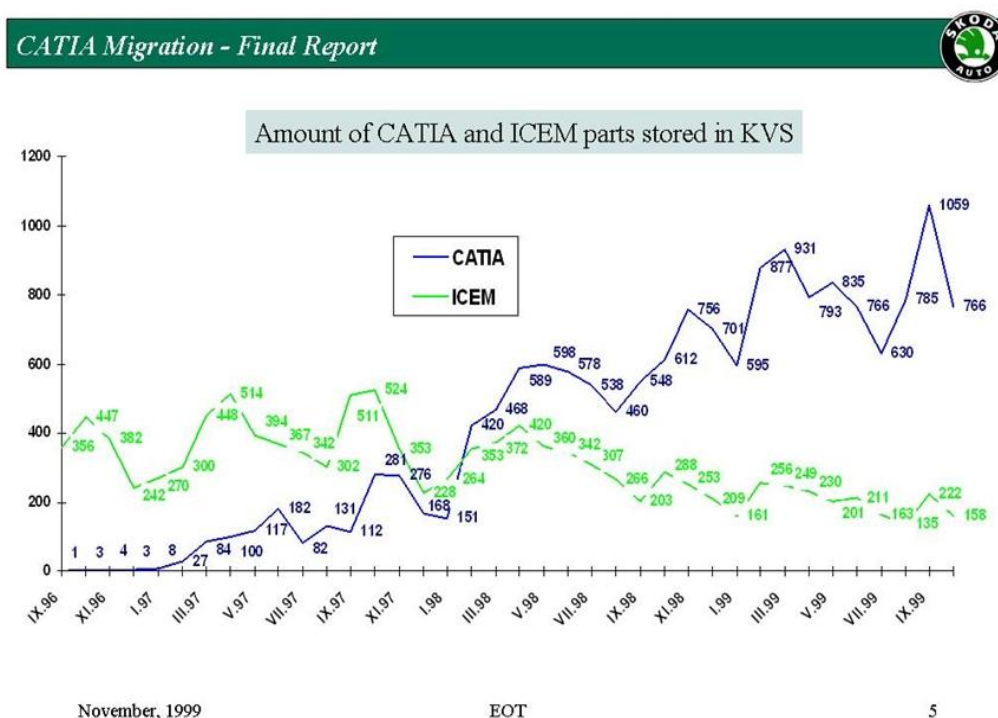
zdroj: Interní materiály Škoda Auto, CATIA V4 – motor 1,2L 47kW, 2007

Výkonnost a přednosti systému CATIA:

- ü Komplexní nástroj pro konstrukci v nejrůznějších průmyslových odvětvích.
- ü Ve srovnání s ostatními CAD/CAE/CAM systémy má CATIA mimořádně krátkou dobu vývoje mezi dvěma verzemi (cca 4 měsíce).
- ü Volný výběr návrhářské metodologie (vytváření pevných modelů, povrchů, konstrukcí založených na vlastnostech) = "flexibilní hybridní modelování".
- ü Možnost parametrické modifikace dílů kdykoliv během jejich konstrukce
- ü CATIA poskytuje nástroje pro souběžnou práci několika konstruktérů na jedné konstrukci a k okamžitému promítnutí provedených změn do ostatních sekcí konstrukčního programu.
- ü Otevřená architektura (do systému CATIA lze velmi snadno začlenit software třetího výrobce, načítat jejich data a zpracovávat je do podoby výkresové dokumentace).

Ze všech systémů CAD/CAE/CAM/PDM poskytuje CATIA V4 nejúplnější rozsah řešení pro zajištění uceleného a stabilního prostředí vývoje výrobků. Toto řešení pro strojírenství urychluje proces vývoje celého výrobku od návrhu až po jeho vlastní výrobu.

Ve Škoda Auto se Catia V4 používá od roku 1993. v letech 1995-1998 proběhl koncernový projekt „Migrace CATIA“ z původně používaného systému ICEM DDN. V březnu 1998 již převažuje počet ukládaných CAD dat v systému Catia V4.



Obr. 19 Migrace dat

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, *Prezentace stavu migrace* - počet ukládaných CAD dat v systému ICEM a Catia V4 Wolfsburg, 1999

V letech 2001-2003 došlo ve Škoda Auto k největšímu rozmachu Catia V4. Dnes se stále používá pro konstrukci karoserie a elektriky, zejména pro již běžící projekty, a dále v odděleních nářadovny a kvality. CATIA V4 je postupně nahrazována novou verzí Catia V5.

5.1.2 CATIA V5

Catia V5 je přímý následník Catia V4 a stejně jako Catia V4 je produktem francouzské společnosti Dassault Systèmes a je distribuována prostřednictvím firmy IBM a jejich obchodních partnerů. Je to software pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM/CAE/PDM.

Catia V5 umožňuje pokrýt celý proces životního cyklu produktu – od návrhu, přes konstrukci, simulace, analýzy, až po vlastní výrobu a údržbu. Díky integraci celého procesu a jeho simulaci, se snižuje potřeba fyzických prototypů, zkracuje se vývojový cyklus, snižují se náklady a zvyšuje se kvalita konečného výrobku.

Catia V5 může kombinovat v jednom modelu jak plošné (surface) tak i objemové (solid) elementy. Právě tato volnost při výběru modelářských technik a možnost je kdykoliv kombinovat, ji činí tak silným systémem. Velkou výhodou je také možnost nepovinné parametrizace. Díky tomu se konstruktér může rozhodnout, jestli díl zparametrizuje a využije tím výhod parametrického modelování, nebo bude provádět změny prostřednictvím modifikací jednotlivých elementů. Všechny moduly a modelářské techniky jsou integrovány, takže změny jednotlivých modelů či elementů se okamžitě projeví i na souvisejících dílech.

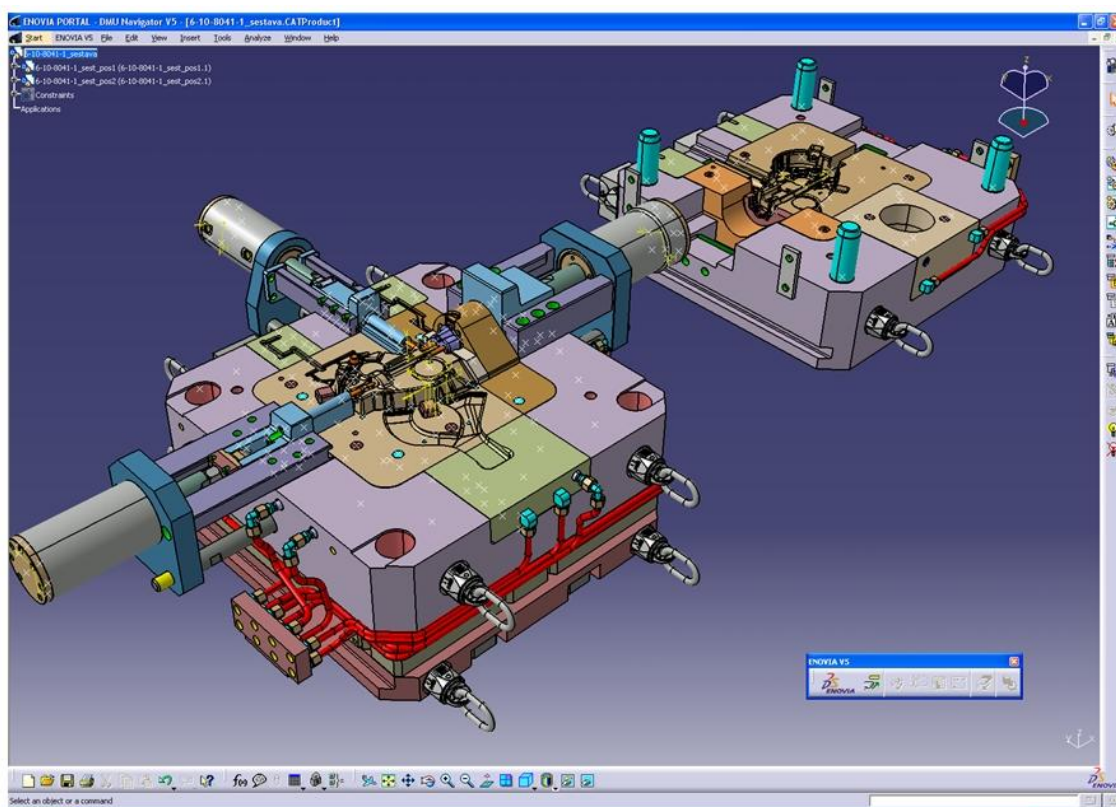
Hlavní výhodou proti Catia V4 je její nezávislost na platformě. Instalace systému Catia V5 je možná jak pro Unix, tak pro platformu Windows. Integrace Catia V5 a produktů LCA umožňuje uživateli správu a konfiguraci velmi složitých digitálních procesů vzniku výrobku.

Samozřejmostí je podpora tvorby digitálního prototypu – Digital Mock-Up (DMU) ⇒ DMU Navigator.

5.1.3 DMU Navigator při CATIA V5

Modul DMU Navigator nabízí nástroje pro návrh a kontrolu digitálního prototypu a pro simulace jeho funkčnosti. Mezi nejdůležitější moduly z Digital Mock-Up patří:

- Ø DMU Navigátor.....základní modul
- Ø DMU Space Analysis.....modul pro analýzy
- Ø DMU Kinematic Simulator.....modul pro tvorbu kinematických vazeb
- Ø DMU Fitting Simulator.....modul pro simulaci montáže a demontáže
- Ø Human Engineering.....modul pro tvorbu modelu člověka



Obr. 20 Pracovní prostředí CATIA V5 – tlaková forma - sestava

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, CATIA V5 – tlaková forma, 2006

5.1.3.1 Vizualní prohlídka

Digitální prototyp můžeme použít všude tam, kde jsou k dispozici digitální popisy (CAD modely) všech jeho součástí. Sestavením modelů do podsestav a těch pak do celkové sestavy vzniká digitální opis geometrie výrobku, tj. základ digitálního prototypu.

Co konkrétně je na něm možno ověřovat? V první etapě je to zejména podrobná vizuální prohlídka. K tomu je určena aplikace **DMU Navigator**, která nabízí rozsáhlé možnosti vizualizace a prohlížení sestavy. Práce s digitálním prototypem umožňuje získat výborný přehled o geometrickém řešení konstrukce, v mnohém převyšující možnosti prohlídky fyzického prototypu. Za všechny možnosti uvádím třeba schopnost průletu sestavou, kdy se nám konstrukce na monitoru zobrazuje jakoby očima miniaturního pilota, který prolétává nejmenšími skulinami, prostupuje stěnami součástí a je schopen vidět i tam, kam se v reálním světě člověk nikdy nedostane.

5.1.3.2 Kontrola geometrie

Další v řadě kontrol prototypu je kontrola geometrické konzistentnosti konstrukce. CATIA V5 pro tuto kontrolu nabízí aplikaci **DMU Space Analysis**. Pomocí této aplikace lze identifikovat místa, kde konstrukce vykazuje buď kolize mezi jednotlivými součástmi a podsestavami, popřípadě kde nejsou dodrženy požadované vzdálenosti mezi nimi.

Je důležité si uvědomit, že na vývoji tak složité konstrukce, jakou je osobní automobil, pracují stovky konstruktérů a řada podsestav je vyvíjena externími dodavateli. Kontrola, zda jednotlivé díly a podsestavy si nebudou po montáži vadit, má své opodstatnění. Pro prohlížení a kontrolu se používá několik postupů, jedním z nich je například metoda dynamicky vedených řezů, jejichž průřezové kontury a plochy může konstruktér kontrolovat ve zvláštním okně.

Aby bylo možné vysoce náročné úlohy řešit na běžně používaném hardwaru, musí být digitální prototyp optimalizován. Cílem je datově zjednodušit ty podsestavy, se kterými stačí v dané úloze pracovat pouze jako s obálkami vnější geometrie bez datového popisu všech jejich vnitřních součástí. Příkladem takové úlohy je zástavba jakéhokoliv agregátu, např. převodovky či motoru, do motorového prostoru vozidla.

5.1.3.3 Pohybové simulace a ověřování montáže

Automobil má i řadu pohyblivých součástí, např. řízení, pérování, brzdy, stěrače, nemluvě o motoru, převodovce a celém pohonném systému. Zde je možné na digitálním prototypu provádět pohybové simulace a kontrolu kinematických vlastností. K tomu je určen modul **DMU Kinematic Simulator**, pomocí něhož lze ověřovat rozsah pohybu kinematické sestavy, vlastní kolize mechanismu, kolize s okolními objekty a řadu dalších kinematických úloh. Nejprve je ovšem nutné u jednotlivých prvků kinematické soustavy zadat typy jejich uložení a vzájemné vazby.

5.1.3.4 Ověřování montáže a demontáže

Důležitou vlastností výrobku je jeho schopnost být smontován. Musí být prostorově vyřešen tak, aby se při montáži daná součást nebo podsestava dostala i s nutnými manipulačními prostředky na své místo, a to tak, aby to také vyhovovalo optimálnímu technologickému postupu montáže. Aplikace **DMU Fitting Simulator** umožňuje přesně definovat a nalézt montážní trajektorii a polohu součásti bez kolizí vůči sestavě a tím ověřit jak smontovatelnost, tak i schopnost demontáže, např. při údržbářských operacích a opravách.

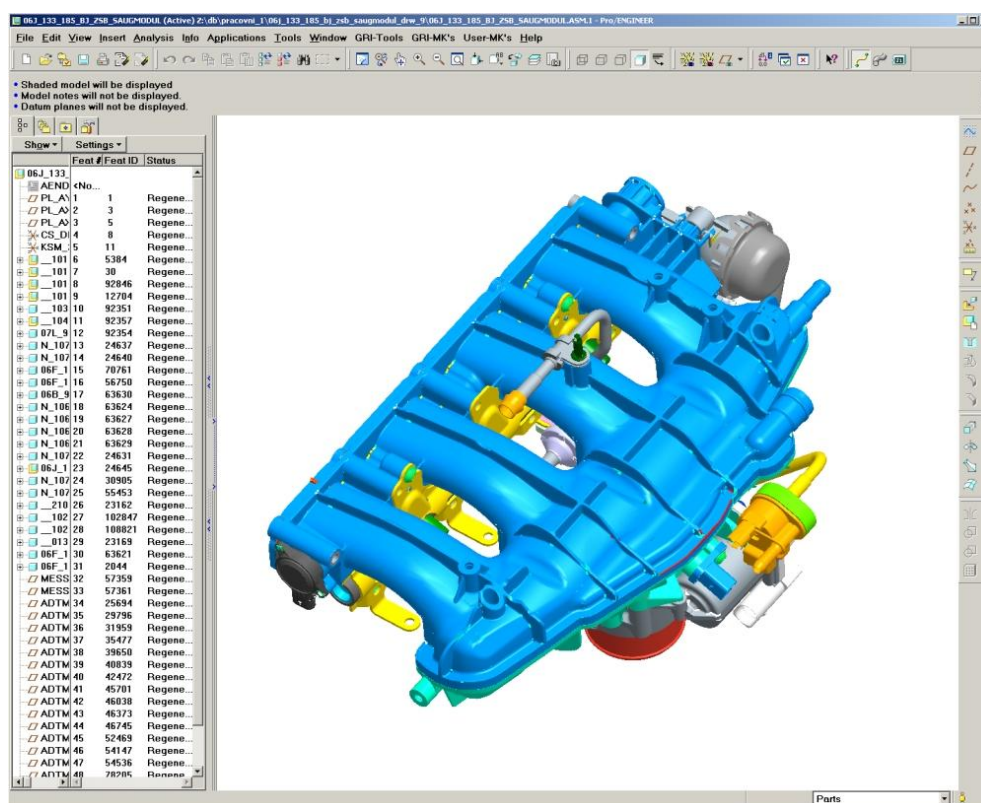
5.1.3.5 Ověření ergonomie

Nejdůležitější vlastností výrobku je sloužit člověku. Přitom musí sloužit bezpečně a pro člověka co nejvíce pohodlně a bez námahy. Automobil musí umožnit posádce pohodlně bezpečně nastoupit, sedět, vidět ven, přiměřeně se uvnitř pohybovat a také vozidlo bezpečně ovládat. Aby mohl vývojový tým navrhnout takové uspořádání kabiny vozidla, které by vyhovovalo co nejširšímu spektru lidských postav, musí digitální prototyp umožnit i operace s digitálními lidmi. K tomu slouží specifické nástroje, zahrnuté pod názvem **Human Engineering**. Tyto aplikace jsou určeny pro definici modelů lidských postav s jejich nejvýznamnějšími biomechanickými vlastnostmi a simulace možných poloh a aktivit lidských postav vzhledem k výrobku. Ověřování digitálního prototypu s digitálními lidmi nenachází využití pouze ve vývoji automobilu a dopravních systémů, ale s úspěchem se uplatní všude tam, kde se člověk setkává s průmyslovým výrobkem, tj. např. při návrhu výrobních strojů, zařízení a linek nebo i spotřebního zboží.

5.1.4 Pro-ENGINEER

Systém Pro-Engineer je produktem firmy PTC (Parametric Technology Corporation). Je to plně parametrický konstrukční systém napodobující svou filozofií ovládání přirozeného myšlení a práci konstruktéra. Umožňuje velmi rychle vytvářet objemové modely pomocí konstrukčních prvků, jako jsou například žebro, zaoblení s volitelným poloměrem, skořepina, díra atd. Konstruktor může provádět radikální změny kdykoliv v konstrukčním cyklu jednoduchou změnou tvořících prvků. Plná asociativita zaručuje, že změny provedené v jedné části konstrukce se promítnou v konstrukci celé. To umožňuje měnit konstrukci kdekoliv a kdykoliv bez ztráty času a hodnot.

Systém Pro-Engineer se ve firmě Škoda auto používá pro konstrukci motorů, převodovek a podvozků.



Obr. 21 Pracovní prostředí Pro-Engineer – Sací potrubí

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, Pro-ENGINEER – Sací potrubí, 2007

5.1.5 VIW – Command Vox

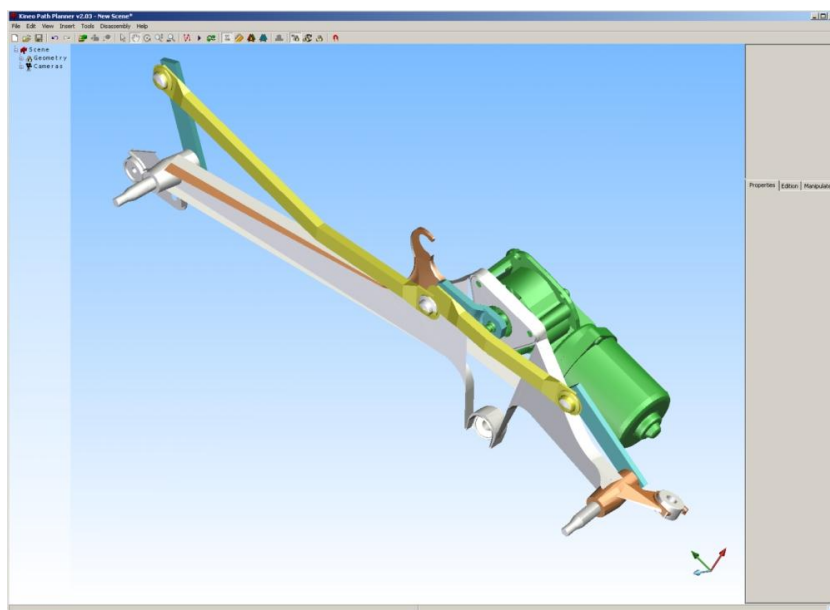
Kinematický software. Tento software je určen pro zástavbovou analýzu dat a pro speciální analýzy jako je pohyb mechanismů, montáž dílů, vytváření obálek motorů a převodovek.

Nevýhodou však je, že nespolupracuje s ostatními PDM/PLM systémy a tedy veškerá data, potřebná k analýze, musí být samostatně stahována, ukládána a přeložena do vhodného formátu na pracovní stanici. Navíc pracuje pouze na unixové platformě. Ve Škoda Auto byl nasazen v roce 1998 a v současné době se již tento systém nepoužívá.

5.1.6 KineoCam

Samostatný program **Kineo Path Planner**, software francouzské firmy Kineo Computer Aided Motion, slouží k dynamické kontrole kolizí a doplňuje stávající analytické metody využívané v české automobilce.

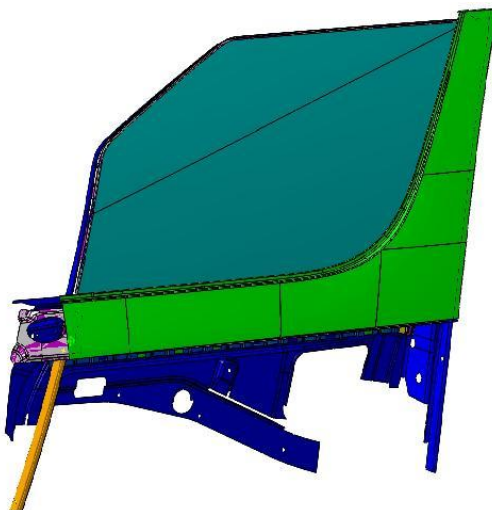
Technologie značky Kineo pro analýzu virtuálních prototypů našla ve Škoda Auto a.s. uplatnění při rychlém vyhodnocování a schvalování připravovaných návrhů z hlediska vyrobitelnosti a použitelnosti. Přínosem tohoto řešení je mimo jiné možnost zpracování více montážních a demontážních simulací za stejný čas jako dříve a přinejmenším minimalizovat nebo nejlépe zcela eliminovat potřebu změn v návrhu, kdy už je vyroben nákladný fyzický prototyp automobilu.



Obr. 1 KineoCam – pracovní prostředí

Porovnání kinematických softwarů

Přikládám porovnání kinematických softwarů při demontáži (nalezení trajektorie) skla předních dveří u automobilu. Vstupními daty jsou CAD data ve formátu CATIA V4.



Obr. 22 Vstupní data skla předních dveří automobilu připravená pro demontáž k porovnání kinematických softwarů

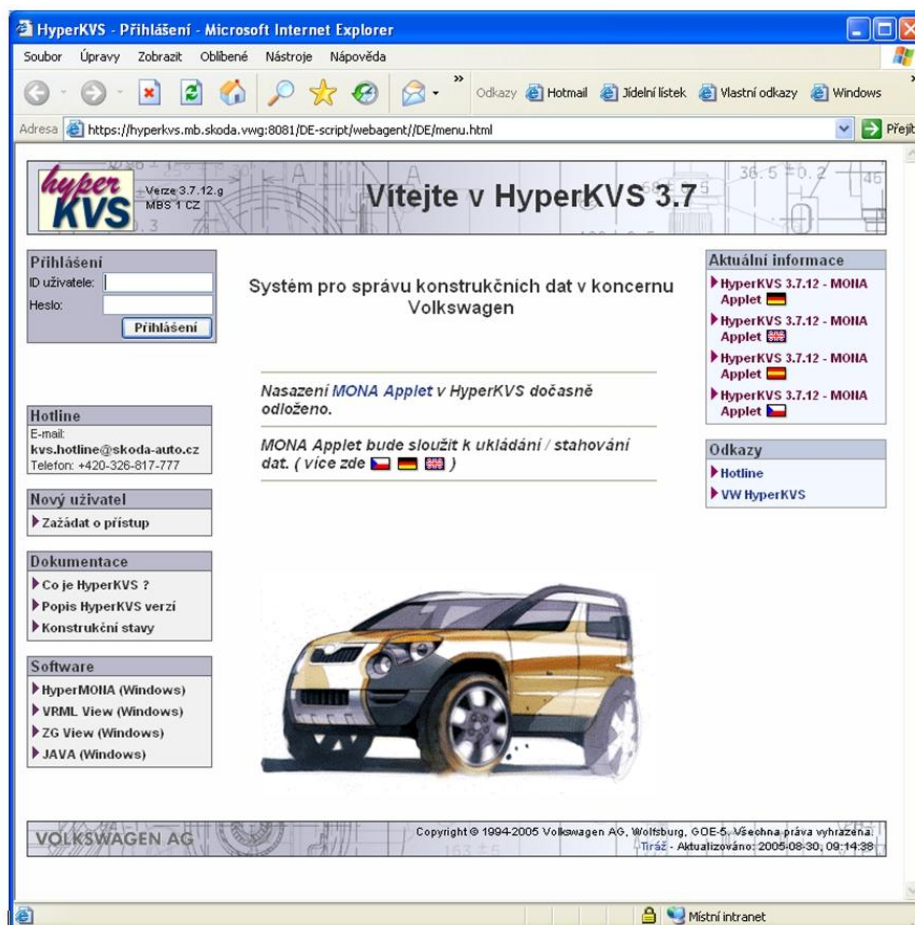
	KineoCAM	ViW	Catia V5
Příprava, převod dat	0,1 min	2 min	5 min
Výpočet	0,5 min	30 min	107 min
Typ výpočtu	Automaticky	Ručně	Poloautomaticky
Možnosti výstupu	Obálka pohybu trajektorie, video	Obálka pohybu	Obálka pohybu, trajektorie, video
Závislost na HW	UNIX WS Windows WS	pouze UNIX WS	UNIX WS, Windows WS

Tab. 1 Porovnání kinematických softwarů při demontáži (nalezení trajektorie) skla předních dveří u automobilu

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, porovnání kinematických softwarů, 2006

5.2 PDM/PLM prostředí

5.2.1 HyperKVS



Obr. 23 HyperKVS – systém pro správu konstrukčních dat

zdroj: Intranet Škoda Auto, HyperKVS, 2007.

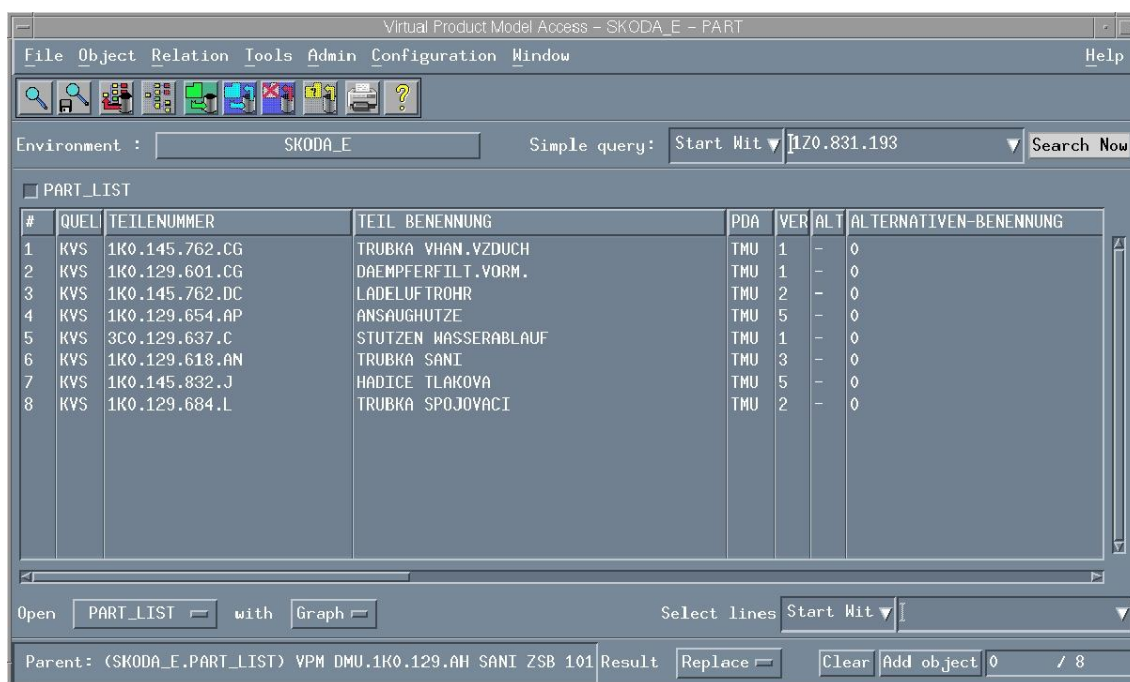
HyperKVS je systém pro správu konstrukčních dat (CAD dat), nasazen v celém koncernu VW. Tato databáze obsahuje informace o datech v systému souborů a odkazy na ně. Uživatelské rozhraní má podobu webových stránek.

Pracovat s databází HyperKVS a stahovat data je možné jak z platformy Unix, tak i Windows. Vkládat data do systému lze pod číslem dílu nebo vložit do tzv. mezischránky bez vazby na číslo dílu. Tato druhá varianta slouží k výměně pracovních dat mezi uživateli systému.

Na systém HyperKVS je napojen systém PLOSSYS, díky kterému můžeme přímo ze systému tisknout výkresy na zvolené výstupní zařízení – velkoformátové tiskárny – plottery či laserové tiskárny.

5.2.2 VPM – Virtual Product Model

Požadavek na zkrácení a urychlení procesu vývoje na jedné straně a kvalitu vytvářených CAD dat na straně druhé vede k nutnosti nasazení systémů a metod práce, které umožní rychlejší přístup k CAD datům, současně s tím dokážou přehledně zobrazit všechny důležité atributy, které popisují díl nebo sestavu (číslo, název, datum, stav uvolnění, ...) a navíc zobrazí daný díl v kontextu s dalšími díly v rozpadové (stromové) struktuře celého výrobku. Proto byla v koncernu VW nasazena databáze VPM.



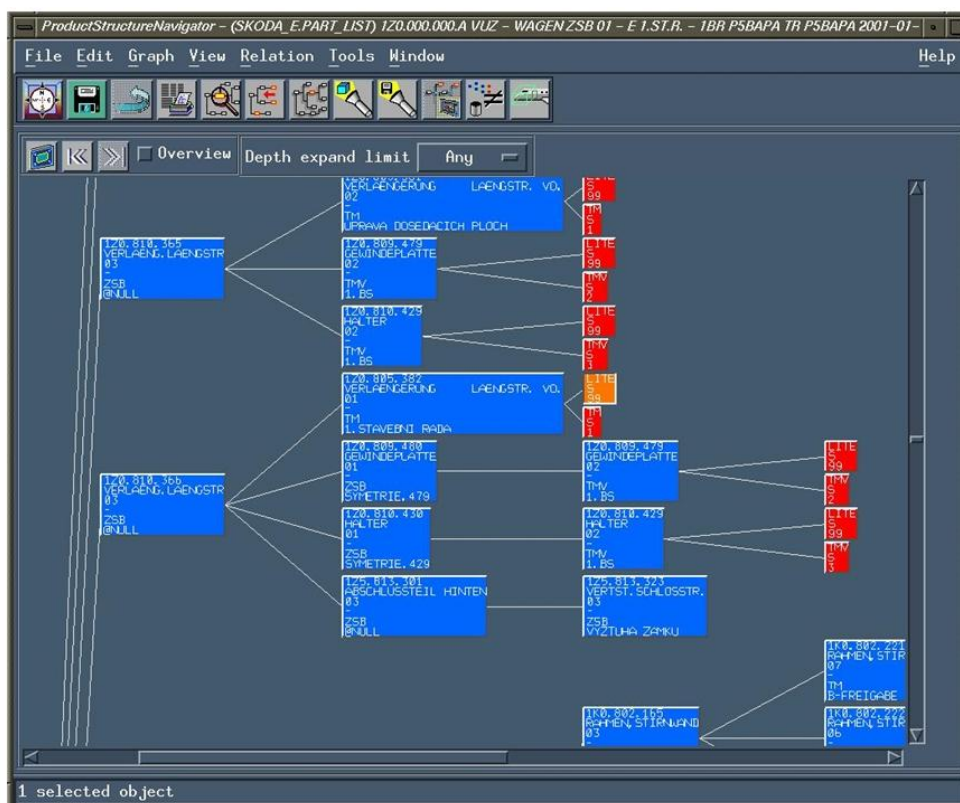
Obr. 24 VPM – základní okno

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, *VPM – stromová struktura*, 2007

VPM je systém pro správu dat souvisejících s procesem vzniku výrobku a je základní aplikací pro proces DMU. Ve Škoda Auto je nasazen v technickém vývoji. VPM zvyšuje produktivitu a efektivitu práce (modifikace, varianty, rychlý přístup k datům, dokonalá organizace dat). Projekty zahrnují tisíce navzájem provázaných dokumentů různých verzí.

VPM dále umožňuje souběžnou týmovou práci a sdílení dat. S nárůstem dat, dokumentů a informací rostou exponenciálně požadavky na jejich bezpečnou kontrolu a sdílení tohoto množství vznikajících informací.

Tento systém je upraven pro komunikaci s databází HyperKVS – vzájemná výměna vybraných dat (dle PDA, čísla dílu, ...). HyperKVS je primárním úložištěm konstrukčních dat, proto se databáze HyperKVS a VPM replikují (zrcadlí) a díky tomu se konstrukční data neukládají dvojmo, ale ve VPM se ukládají pouze odkazy na soubory v HyperKVS. Pro zobrazení není nutné data stahovat na lokální stanice.



Obr. 25 VPM – příklad hierarchického uspořádání CAD dat

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, VPM – stromová struktura, 2007

VPM je hierarchicky členěná struktura ve formátu Catia pro potřeby DMU (Digital Mock-Up). Tento jednotný zdroj informací umožňuje tvorbu digitálních prototypů, na kterých jsou ověřovány zástavby dílů, jejich montáž a demontáž, případně jejich kolize s okolím. Vychází z vývojového kusovníku nebo z díponu, používaného pro stavbu prototypového vozu.

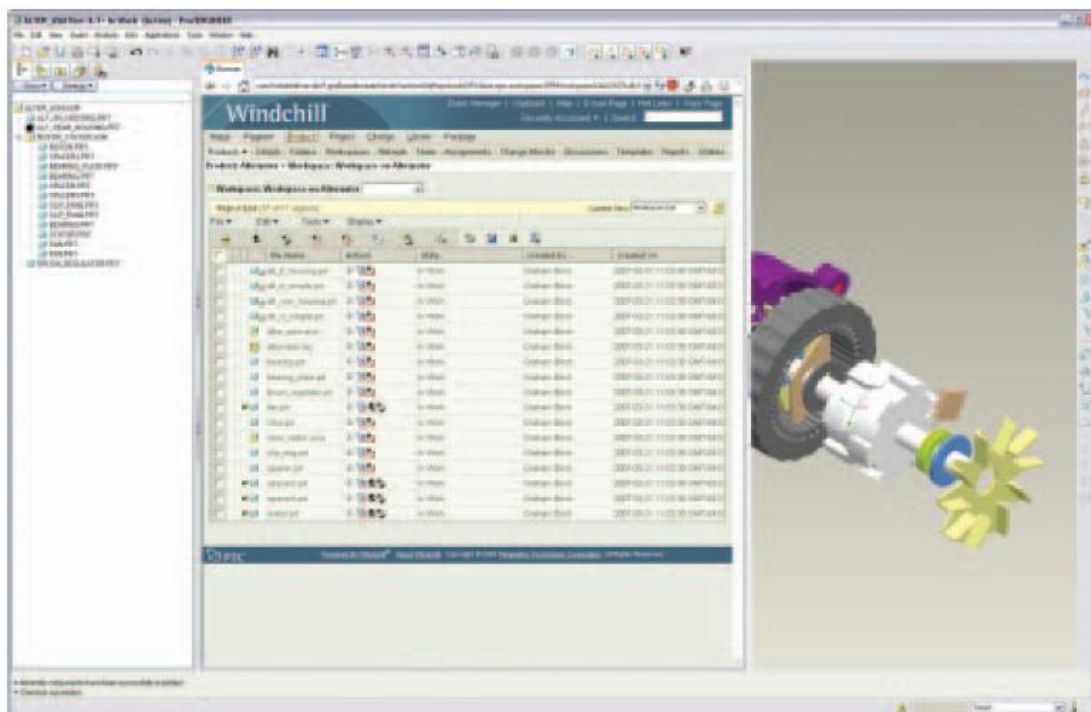
5.2.3 Windchill

V oblasti konstrukce se používají dva hlavní CAD systémy:

- Ø CATIA V4, CATIA V5 – konstrukce karoserie, interiéru a elektriky
- Ø Pro-ENGINEER – konstrukce motoru, převodovky a podvozku

Přestože každý z PDM systémů podporuje celou řadu různých CAD formátů, díky historickému vývoji v koncernu VW má každá oblast, tedy i CATIA a Pro-ENGINEER svůj PDM systém.

Windchill se ale používá pouze při spolupráci na koncernových projektech motorů. Ostatní uživatelé systému Pro-ENGINEER ukládají svá data do HyperKVS. Vzhledem k tomu že HyperKVS nespravuje vazby mezi jednotlivými CAD modely, je komplikované při jakékoli změně dílu dohledat všechny existující vazby. V důsledku toho se objevuje mnoho chyb a nesrovnalostí a na mnohé se bohužel přijde až ve výrobních fázích.



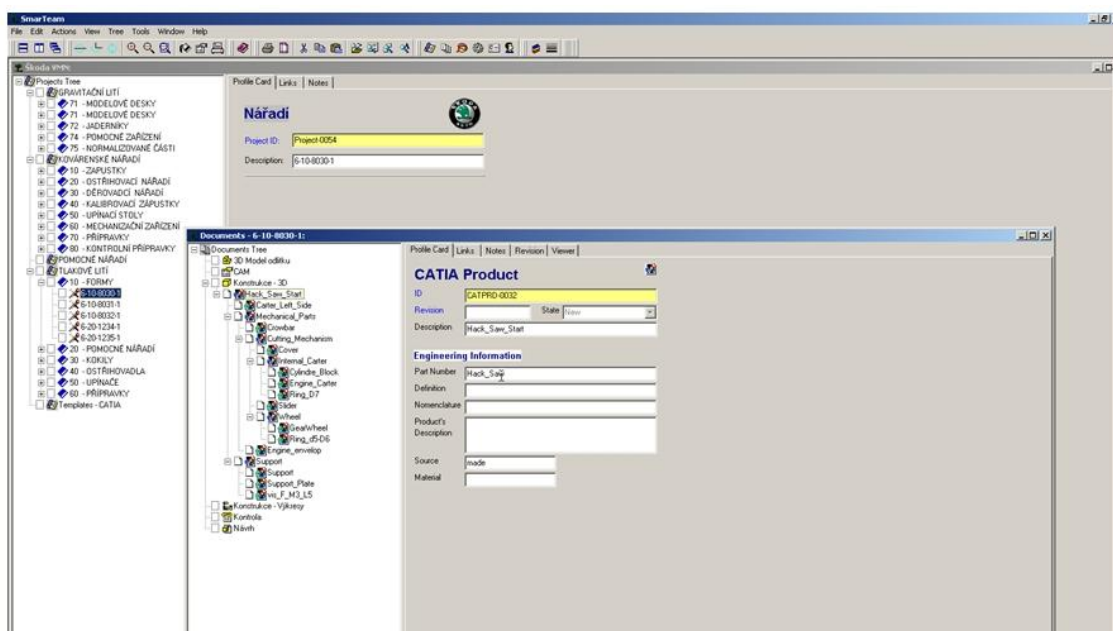
Obr. 26 Windchill – ukázka prostředí

zdroj: internet – www.ptc.com

5.2.4 SmarTeam

ENOVIA SmarTeam je univerzální *Product Data Management* (PDM) systém pro řízení předvýrobních etap, umožňující týmovou správu dokumentů, informací, procesů a know-how ve výrobních firmách a konstrukčních kancelářích. S jeho pomocí je možno integrovat data obsažená současně v různých typech informačních nástrojů od CAx systémů, přes kancelářské balíky až po komplexní informační systémy ERP (*Enterprise Resource Planning*). Nad těmito daty jsou efektivně řízeny procesy, jako je management projektů, změnové řízení, nabídkové řízení a jiné připomínkové a schvalovací procesy. S pomocí nástrojů systému ENOVIA SmarTeam je možné řídit data a informace nejen uvnitř společnosti, ale je možné je sdílet a kontrolovat v rámci odběratelsko-dodavatelského řetězce.

SmarTeam patří mezi PDM systémy, navržené na bázi Windows, které zajišťují větší rychlost implementace a jednodušší ovládání. Nabízejí více atraktivní nastavení prvků než tradiční Unixové PDM systémy. Nové nástroje a aplikace dovolují vytvářet více návrhů větší složitosti.



Obr. 27 SmarTeam – zobrazení obrazovky

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, SmarTeam - obrazovka, 2007

Proč SmarTeam, když už je používán jiný PDM systém - VPM? SmarTeam byl nasazen pouze v oddělení VNM (konstrukce metalurgického nářadí) na konci roku 2003. Důvodem bylo to, že konstrukce metalurgického nářadí je na konci procesního řetězce vývoje vozu, a mohla tak jako první ve Škoda Auto migrovat z CATIA V4 na CATIA V5 bez obav z kompatibility vytvářených CAD dat. Dalším procesem je totiž NC obrábění a tam byla CATIA V5 nasazena paralelně.

Centrální archivační systém HyperKVS se pro CAD data CATIA V5 do roku 2006 nepoužíval a veškeré tyto dokumenty byly uloženy pouze v systému SmarTeam. SmarTeam je ve Škoda Auto nasazen pouze jako přechodné řešení do doby, než bude rozhodnuto o PDM systému pro proces vývoje v CATIA V5.

5.2.5 TeamCenter

TeamCenter je název produktové řady pro řízení životního cyklu výrobku. Zahrnuje celou řadu integrovaných produktů pro řešení jednotlivých úkolů PLM. Stavebním kamenem je *TeamCenter Engineering*.

TeamCenter Engineering je PDM systém určený pro správu dat v předvýrobních etapách vývoje výrobku. Zkušenosti a znalosti uplatněné při jeho vývoji pomohou při zrychlování inovačního procesu a uvádění nových výrobků na trh.

Efektivně zajistí správu konstrukčních a dalších dat, usnadní jejich sdílení mezi různými částmi podniku a zkrátí čas potřebný pro vývoj a změny. Jednoznačný přehled o jednotlivých dílech usnadní jejich znovupoužitelnost v nových výrobcích. Zkrácení doby nutné pro vývoj, které nasazení TeamCenter Engineering přinese, umožní rychlejší uvádění nových výrobků na trh a tím i získání výhody před konkurencí.

TeamCenter Engineering přináší jedinečné propojení PDM a CAD/CAM systémů, ať už se jedná o produkty společnosti UGS, jako NX, nebo další systémy, jako Catia, Pro Engineer či AutoCAD. Plně konfigurovatelné schvalovací a změnové řízení umožní automatizovat příslušné procesy a odhalit data, která nesplňují podmínky pro schválení. Export a import dat prostřednictvím XML usnadňuje propojení TeamCenter Engineering a dalších systémů, jako jsou systémy pro řízení výroby, zásobování a další.

Při použití TeamCenter Engineering je zajištěno, že všichni uživatelé vždy pracují s platnými aktuálními daty. Dovoluje ukládat veškeré informace o výrobku (CAD data, výpočty, dokumenty, protokoly atd.) v jednotném prostředí s možností klasifikace a vyhledávání. Umožňuje pokročilou konfiguraci struktury výrobku a její synchronizaci s CAD daty různých CAD systémů.

TeamCenter Engineering je otevřený systém, který lze přizpůsobit potřebám zákazníka. Funkce zpracování dat lze programovat v jazyce C nebo C++ a v jazyce Java lze programovat funkce uživatelského prostředí.

TeamCenter Engineering obsahuje řadu volitelných modulů pro řešení různých funkcí:

TeamCenter Manufacturing je rozšíření systému TeamCenter Engineering, které zajišťuje integraci modulů do řízeného vývojového prostředí. Správa o výrobcích se tím rozšiřuje o oblasti plánování technologických postupů a operací, výrobních a montážních postupů a plánování využití zdrojů.

Kombinace NX CAM a PDM systému TeamCenter Engineering nabízí jedinečnou integraci CAM modulů do řízeného vývojového prostředí. Plánování technologických postupů a operací připravené v PDM systému je dostupné pro programátora při vytváření NC programů. Výsledky práce v CAM jsou pak automaticky uloženy v PDM systému. Vše je propojeno se správou konstrukčních dat vlastního výrobku a s plánováním zdrojů (pracoviště, stroje, nástroje, přípravky) a synchronizováno se schvalovacím a změnovým řízením nejen výrobku, ale i výrobních postupů, nástrojů a přípravků.

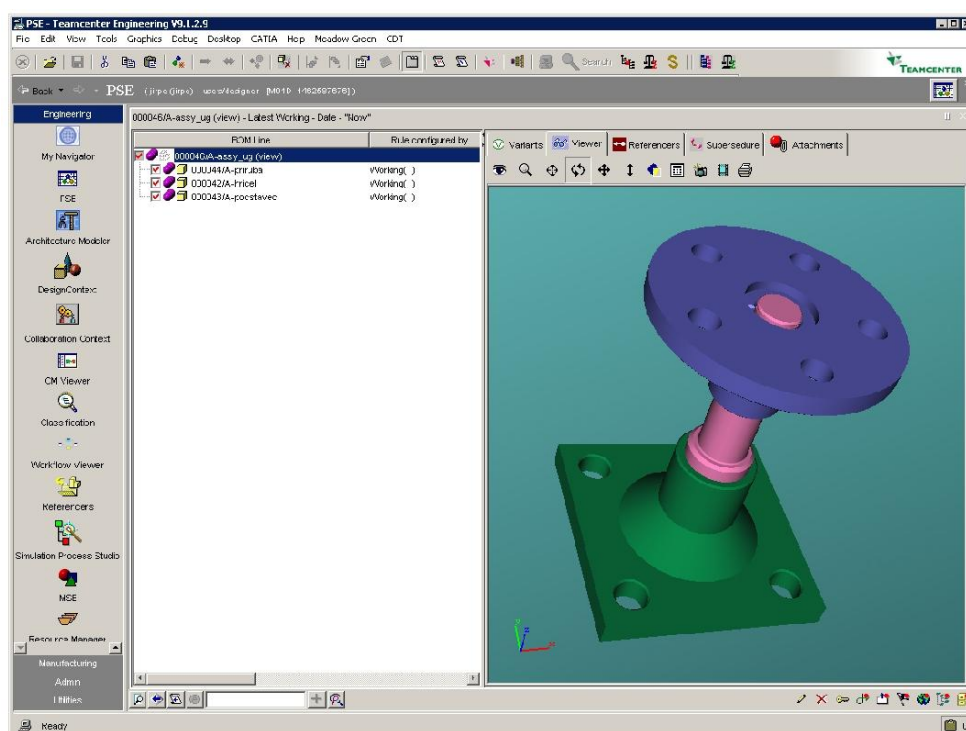
TeamCenter Visualization je produktová řada pro řešení potřeb vizualizace konstrukčních dat (2D, 3D, rastr) a spolupráce specialistů z různých oborů a také DMU, tedy řešení problémů spojování dat z různých CAD systémů, zástaveb a postupu montáže. Speciální oblastí jsou toleranční analýza a simulace člověka ve virtuálním prostředí. Všechny tyto disciplíny lze provádět v jednotném prostředí programu VisView.

TeamCenter Visualization má řadu modulů, které lze volit podle potřeby:

TeamCenter Project umožňuje firemním týmům společné plánování. Souběžně může pracovat více uživatelů na společném projektu. TC Project se vyznačuje jednoduchostí ovládání, širokou škálou funkcí a schopností věrného plánování skutečných procesů.

Systém TeamCenter Engineering je primárně určen pro správu konstrukčních dat o výrobcích. Jedná se o vysoce vyspělý PDM systém který najde uplatnění v počátečních etapách životního cyklu výrobku, od koncepčního návrhu, přes konstrukční a technologickou fázi až k výrobě prototypu a přípravě sériové výroby.

Hlavním cílem, který byl a je při vývoji tohoto systému sledován, je poskytnout úplné, aktuální a pokud možno srozumitelné informace o výrobku všem oddělením podniku. V době, kdy jsou takřka všechny údaje týkající se vývoje nového výrobku uloženy na počítačích, může se zdát údržba a správa těchto dat snadnou záležitostí. S jejich přibývajícím objemem ale rychle zjistíme, že je to spíše naopak. Na discích postupně nacházíme staré a neplatné verze souborů, kusovníky neodpovídají sestavám v CAD systémech, případně obsahují zastaralé či neexistující díly, technologické údaje neodpovídají platným verzím z konstrukce a podobně.



Obr. 28 TeamCenter – uživatelské prostředí

Při současném trendu, který nutí podniky k takřka nepřetržité inovaci výrobků, dochází k ohromnému nárůstu objemu dat. Tam, kde kdysi jeden výkres platil po několik let, vidíme dnes, že jeden a ten samý díl se změní třeba

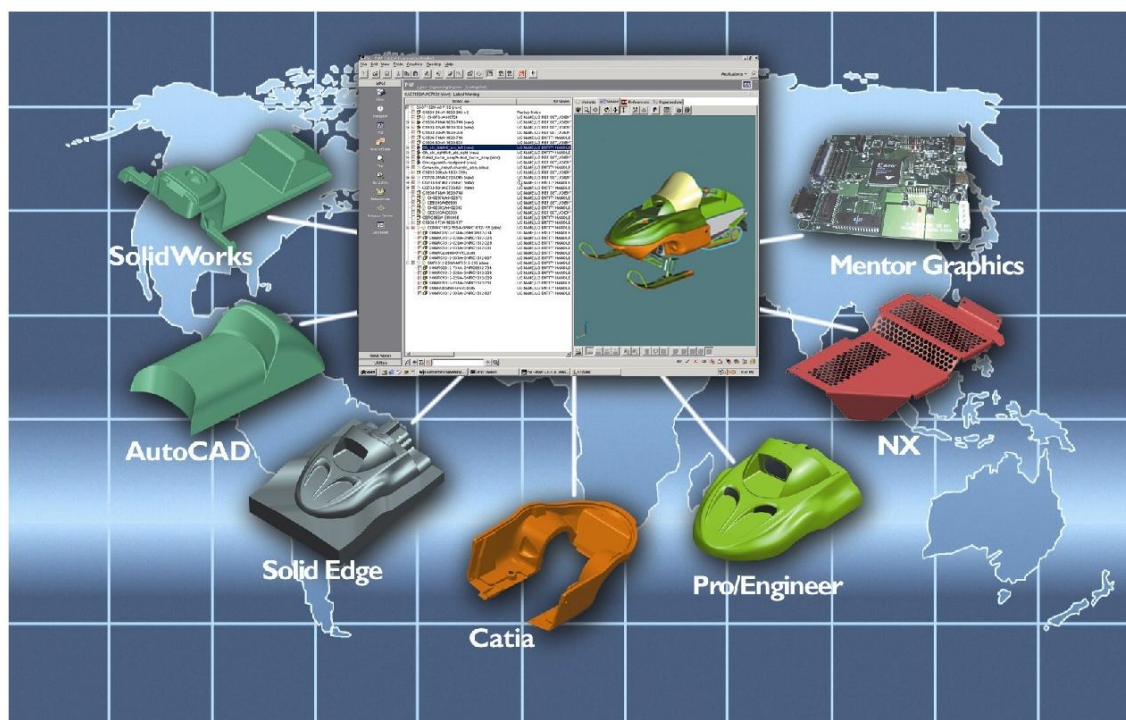
PDM systémy zde podávají pomocnou ruku. Jasně verzování dílů, automatická synchronizace kusovníků s údaji z CAD programu, změnové řízení, přesně stanovená přístupová práva k datům, to vše zjednodušuje orientaci v PDM systému.

A screenshot of the CATIA V5 software interface. The main window displays a 3D model of a mechanical part, which appears to be a shaft or rod with a central section featuring a longitudinal slot. The model is rendered in a light blue color. The left-hand side shows the 'Feature Tree' (Product Structure) with various features listed, including 'Sketch.1', 'Extrude.1', 'Extrude.2', 'Extrude.3', 'Point.1', 'Plane.1', 'Pocket.1', 'Hole.1', and 'Pocket.2'. The top menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Insert', 'Tools', 'Window', and 'Help'. The bottom status bar indicates 'Select an object or a command'. The right-hand side of the screen shows a vertical toolbar with numerous icons for different CAD functions.

46

V současnosti to znamená, že všechny hlavní funkce CAD systému jsou přímo podporovány v TeamCenter Engineering. Tento trend byl aplikován i při implementaci integrací s dalšími CAD programy jako jsou např. Solid Edge, Ideas NX, Catia, Pro-Engineer, Inventor.

Rozhodně to ale nejsou všechny. Za zmínku stojí i možnost kombinace dat z různých CAD systémů v rámci jedné sestavy. Takto široce pojatá integrace mezi CAD a PDM patří k hlavním přednostem TeamCenter Engineering a dělá ho v oblasti PDM řešení do značné míry jedinečným.



Obr. 30 Interface TeamCenter Engineering s dalšími produkty

Další vlastnosti, které by měl nabízet každý PDM systém a které obsahuje TeamCenter:

- Ø **Modul pro správu uživatelů** - definuje jejich rozdělení do různých skupin a rolí. Díky tomu lze pak definovat nejen přístupová práva jednotlivých uživatelů k různým údajům, ale také určit, které funkce systému jsou uživatelům dostupné.

- Ø **Modul pro práci s kusovníkem** - dovoluje definovat strukturu výrobku. K jeho vlastnostem patří možnost používání pravidel určujících, které verze jednotlivých dílů budou v kusovníku použity, definice alternativních dílů v kusovníku, časová platnost jednotlivých dílů v rámci kusovníku, grafické porovnání různých verzí kusovníku a mnoho dalších. Tento modul je plně a obousměrně integrován s CAD systémy.
- Ø **Modul pro schvalovací řízení** je určen pro řešení schvalovacího procesu. Výsledkem schvalovacího procesu nad dílem nebo sestavou je obvykle status, podle kterého se pak řídí přístupová práva k dílu či sestavě. Tak lze například docílit toho, že po schválení 3D modelu již není možné tento model měnit, lze však pracovat na výkresech nebo technologii. Jiný proces pak může nastavit jiný status, který znemožní jakoukoliv další modifikaci dílu. I když je možné pomocí funkcí schvalovacího procesu definovat i změnové řízení, je k dispozici samostatný modul změnového řízení poskytující detailní informace o dílu vstupujícím do změny, o dopadech takové změny na sestavy, ve kterých je díl použit, můžeme graficky znázornit rozdíl kusovníků před a po změně a podobně. Změnové řízení lze opět plně přizpůsobit uživateli.
- Ø **Modul pro definici přístupových práv** se opírá jednak o rozdělení uživatelů do skupin a rolí, jednak o příslušnost jednotlivých dílů k různým projektům, jednak o status, který díly dostaly v průběhu schvalovacího řízení. Přístupová práva lze pochopitelně konfigurovat.
- Ø **Modul klasifikační** - pomocí definování různých kritérií lze díly zařadit do příslušných kategorií a zjednodušit tak jejich vyhledávání.
- Ø **Jednotlivé instalace TeamCenter v rámci jedné společnosti lze navzájem propojit.** A tak databáze například ve Škoda Auto a.s. pak může používat díly uložené v databázi společnosti Volkswagen a naopak.

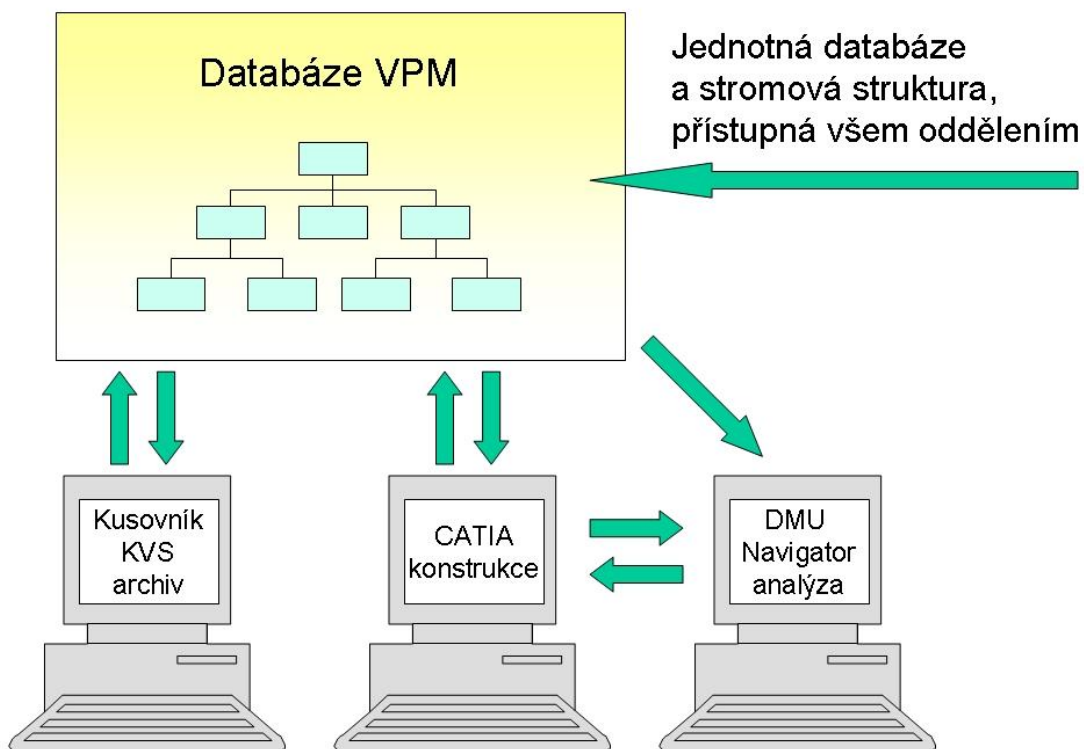
Nasazení PDM systému v podniku bezesporu představuje značnou investici, jak finanční, tak i organizační v nutnosti do jisté míry přizpůsobit chování firmy takovému systému. Jedná se však o investici návratnou. Dobře organizovaná data výrazně zjednoduší inovační proces, urychlí tento proces v jeho konstrukční a technologické etapě a umožní tak nejen držet krok s konkurencí, ale snad ji i tak trochu předběhnout.

5.3 Procesy tvorby digitálních prototypů

Ve Škoda Auto existuje v zásadě pět základních procesů, které souvisí s tvorbou digitálních prototypů – DMU. Aplikačním synonymem pro proces DMU je databáze VPM.

Centrálním místem je oddělení TZV (stavba prototypů), patřící do oblasti technického vývoje. Sem patří tři z pěti DMU procesů a tvoří jakési jádro hlavně proto, že právě v tomto oddělení se většina informací a atributů ukládá do databáze VPM.

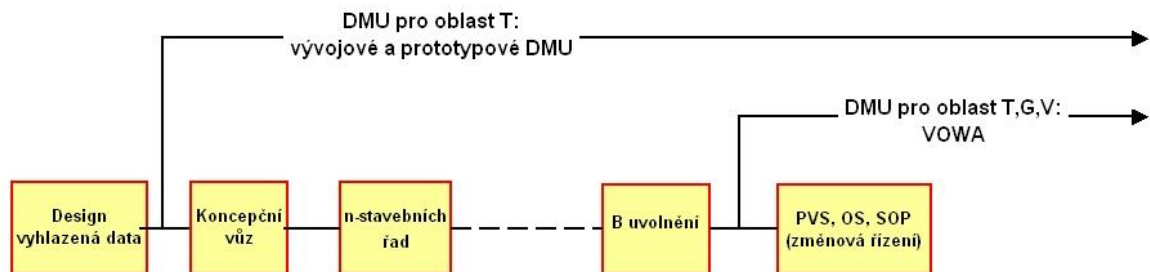
Úkolem tohoto oddělení je zajistit výrobu interiérových a exteriérových DKM (digitální data kontrol model) pro ověření stavu a kvality CAD dat, povrchových ploch vně i uvnitř vozu. Dále výrobou prototypu ověřit konstrukční dokumentaci, odzkoušet funkční vlastnosti a parametry vozu.



Obr. 31 Funkce DMU v oddělení výroby prototypu

5.3.1 Nasazení DMU ve Škoda Auto:

Zahájení DMU činností je závislé na vydaném termínovém plánu k příslušnému projektu.



Obr. 32 Nasazení DMU

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, *DMU pro oblast T a T,G,V*, 2004

Činnosti DMU analyzátorů:

- ü Přiřazení CAD dat do stromové struktury
- ü Správa stromových struktur pomocí konfigurací a přiřazování milníků
- ü Výpočet kolizí pro jednotlivé díly s využitím okolních dílů
- ü Ukládání kolizí v systému PK (prezentace kolizí)
- ü Zajištění zpětné informovanosti k jednotlivým konstruktérům
- ü Realizace změnových řízení ve VPM
- ü Prezentace kolizí v konstrukcích
- ü Ověřování zjištěných kolizí při stavbě prototypů vozů
- ü Zjišťování minimálních vzdáleností mezi díly, výpočty kolizí při pohybu mechanismů nebo kolizí při montáži dílů, simulace montáže, demontáže, výpočet kinematik
- ü Zástavba dalších dílů ve virtuálním prototypu vozu pro možné využití náhradních řešení

5.3.2 Přehled činností DMU ve vývoji Škoda Auto a.s.

Metodika procesu DMU je rozdělena do třech nezávislých úrovní:

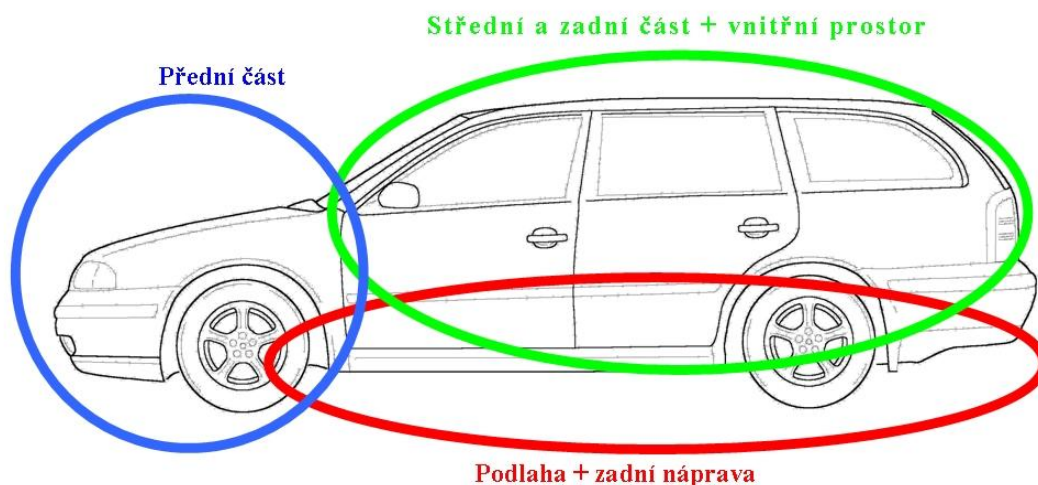
1. Vývojové DMU – kontrola kolizí každého dílu uvolňovaného v rámci celého vozu s okolními díly (poslední stavy uvolněných dílů) v oblasti vývojového DMU. Kontrola v on-line čase s vývojem v konstrukcích včetně změnového řízení.
2. Prototypové DMU – kontrola kolizí dílů a sestav v oblasti prototypového DMU v rámci fyzicky stavěných prototypů včetně změnového řízení.
3. VOWA DMU – kontrola kolizí dílů, sestav a jejich zástaveb v oblasti přední části vozu (VOWA – Vorderwagen) včetně změnového řízení.

Rozdělení automobilu do jednotlivých zón pro potřeby DMU:

Zóna 1: Přední část – motor + příslušenství, převodovka, přední náprava, kapota, blatníky, frontend (přední část), kabelové svazky, stěrače, světla spínače, přístroje

Zóna 2: Střední a zadní část + vnitřní prostor – cockpit (přístrojová deska), karosérie, obložení, dveře, sedačky, zachytňné systémy, montážní díly

Zóna 3: Podlaha + zadní náprava – podlaha, zadní náprava, nádrž, palivový systém, výfukové vedení



Obr. 33 Rozdělení automobilu do zón pro potřeby DMU

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, Rozdělení vozu do zón pro potřeby DMU, 2004

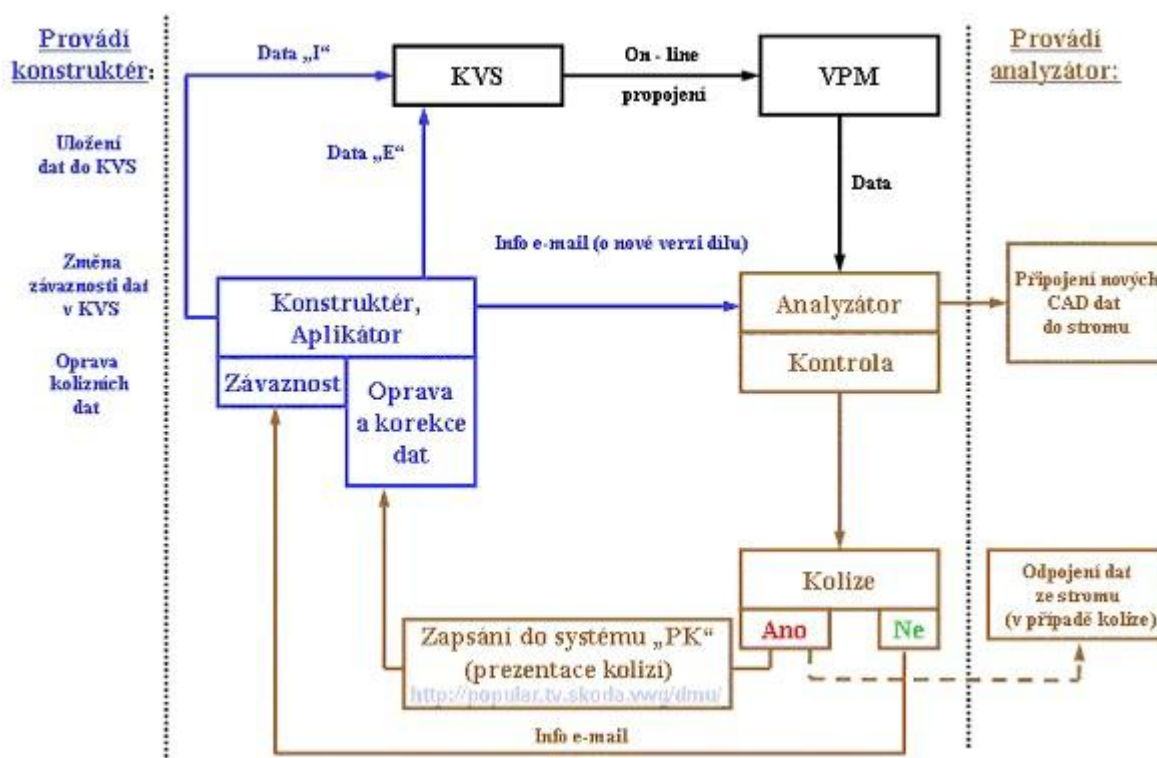
5.3.3 Vývojové DMU

Postup kontroly dílu ve vývojovém DMU:

Každý díl podléhající uvolnění v HyperKVS musí být zkontrolován v systému DMU. Teprve v případě bezkolizního stavu může být uvolněn v HyperKVS s odpovídající závazností. Postup platí pro všechna vývojová stadia, tzn. pro jednotlivé stavební řady, P uvolnění, B uvolnění, změnová řízení.

- A. Na základě předaného výpisu kusovníku uloženého na intranetu vytvoří analyzátor DMU (dále jen „analyzátor“) stromovou strukturu ve VPM.
- B. Konstruktor, případně pracovník odpovědný za přebírané koncernové díly (dále jen „konstruktor“) předá rozpadová schémata analyzátorovi, uloží nová data dílu do KVS v závaznosti „E“ a předá informaci (např. e-mailem) o nově uloženém dílu analyzátorovi.
- C. Analyzátor prověří tato data s ostatními již platnými (již zkontrolovanými) CAD daty uloženými ve stromové struktuře ve VPM a spočítá případné kolize s okolními díly.
- D. V případě bezkolizního stavu předá tuto informaci analyzátor konstruktérovi (například e-mailem) a konstruktor uvolní data v HyperKVS do odpovídající závaznosti „I“. Analyzátor připojí takto uvolněný díl do stromové struktury jako aktuální platný stav dílu.
- E. V případě zjištění kolize vloží analyzátor tuto do intranetové aplikace PK (systém prezentace kolizí) a předá tuto informaci příslušným konstruktérům.
- F. Konstruktor upraví díl a nechá jej znovu zkontrolovat - viz bod B.

Tok dat a informací v odděleních pro potřeby vývojového DMU

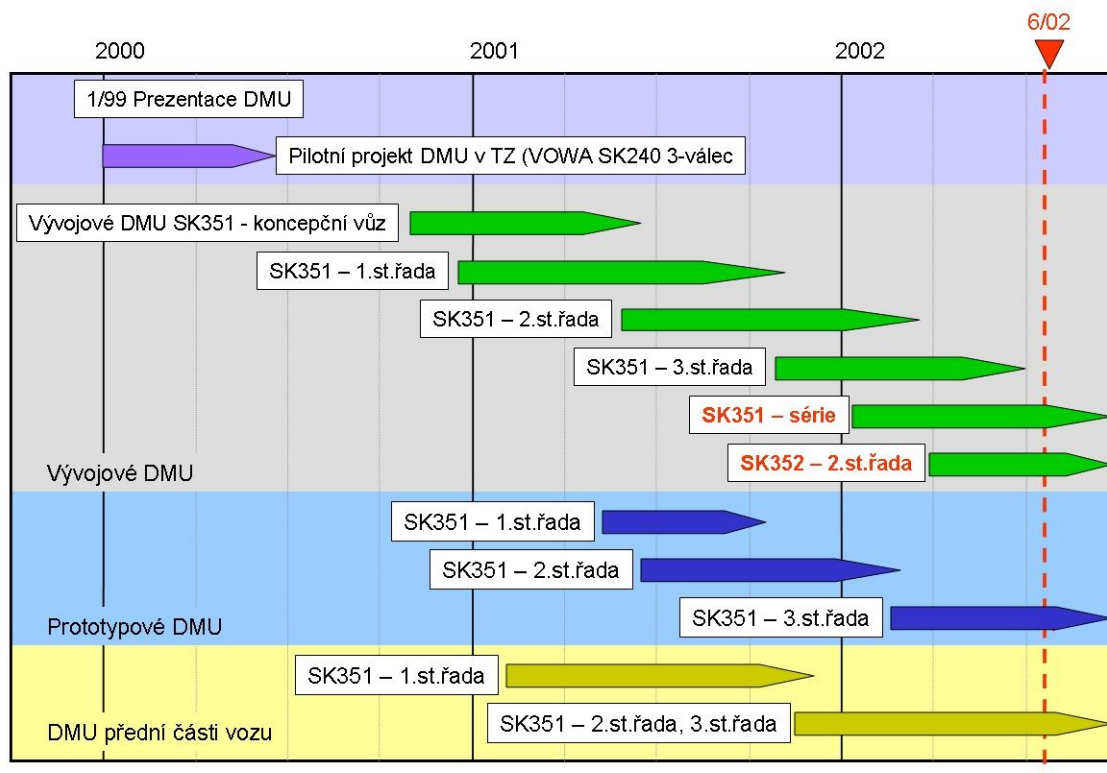


Obr. 34 Proces vývojového DMU – tok dat a informací

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, TZV - Vývojové DMU, 2007

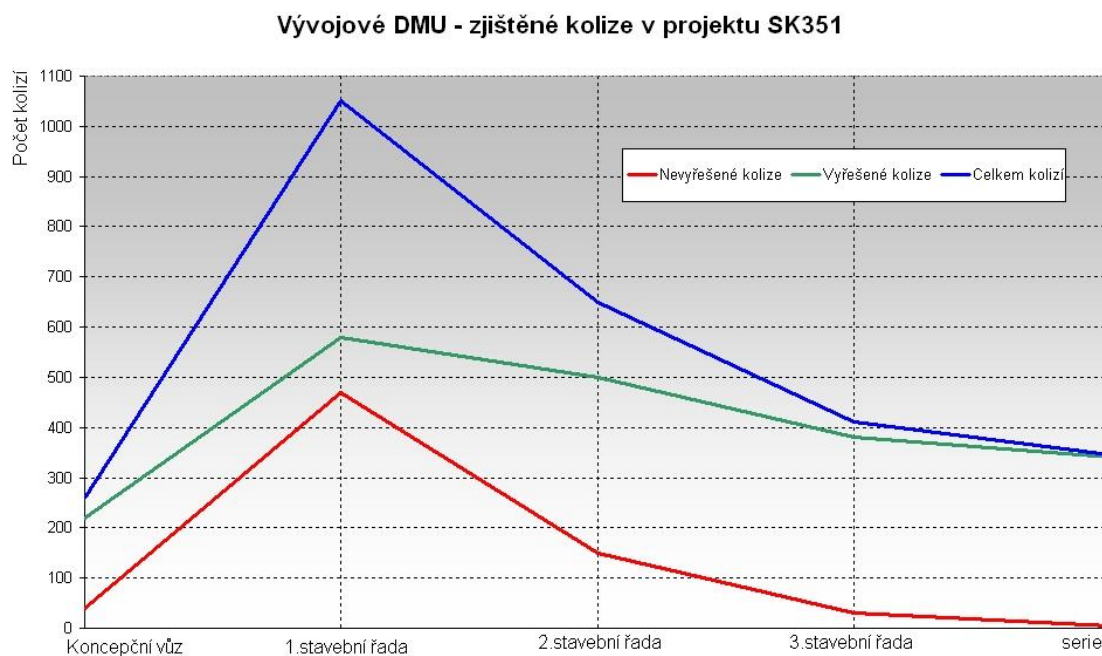
Postup kontroly přebraných platformových dílů v rámci vývojového DMU:

- A. Na základě technického popisu vozu pro daný projekt provede příslušný analyzátor stažení platformových CAD dat z VW VPM databáze a zahrne je do stromové struktury příslušného projektu.
- B. Správce zóny podvozek zorganizuje jednání s příslušnými útvary technického vývoje za účelem předvedení stavu dat a následně porovnáním se stavem v systému Windchill. Cílem jednání je ověřit aktuálnost a kompletnost těchto dat ve VPM databázi.
- C. Odborné útvary technického vývoje následně poskytnou kompletní informace o změnovém řízení týkající se těchto převzatých dílů.



Obr. 35 Přehled činností DMU ve vývoji Škoda Auto

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, P.Pilvousek: DMU oblasti „T“, 2002



Obr. 36 Vývojové DMU – přehled kolizí SK351

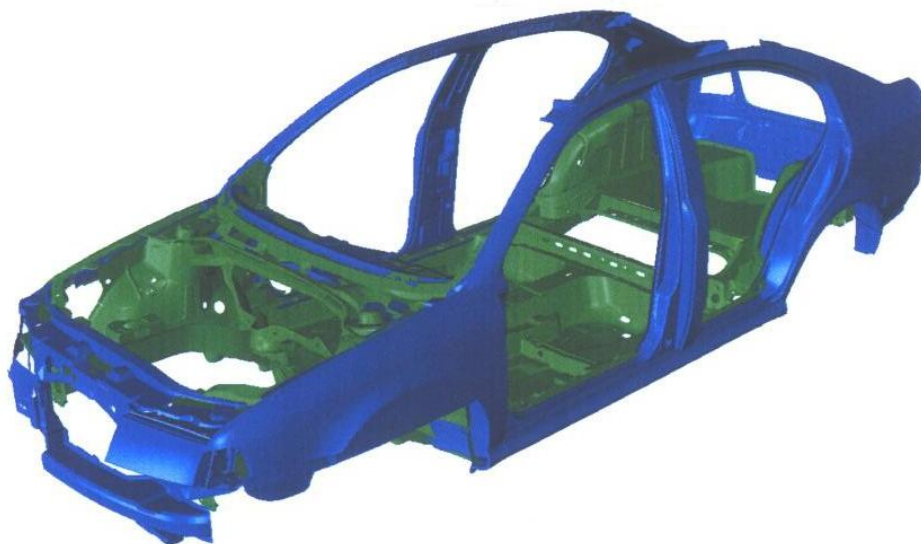
zdroj: Interní materiály Škoda Auto, P.Pilvousek: DMU oblasti „T“, 2003

5.3.4 Prototypové DMU

V prototypovém DMU probíhá stavba virtuálního prototypu před vlastní fyzickou stavbou konkrétního prototypu vozu a analyzují se problematická místa před fyzickou montáží. Probíhá kontrola kolizí dílů a sestav v rámci fyzicky stavěných prototypů včetně změnového řízení. Výsledky jsou předávány s předstihem na montáž prototypů.

Postup kontroly dílu v prototypovém DMU:

- A. Každý analyzátor zpracuje na základě prototypového kusovníku DIPON (v zodpovědnosti TZ) pro každý prototyp stromovou strukturu své oblasti a po sestavení celé stromové struktury prototypu se provede kontrola.
- B. Data použitých dílů ve stromové struktuře odpovídají datům použitým pro výrobu fyzických dílů.
- C. V průběhu sestavování stromových struktur a kontrol se provádí aktualizace verzí CAD dat podle aktualizace prototypového kusovníku DIPON a použitých dílů.



Obr. 37 Hybrid – Škoda díly SK351 (modře)platforma PQ35 (zeleně)

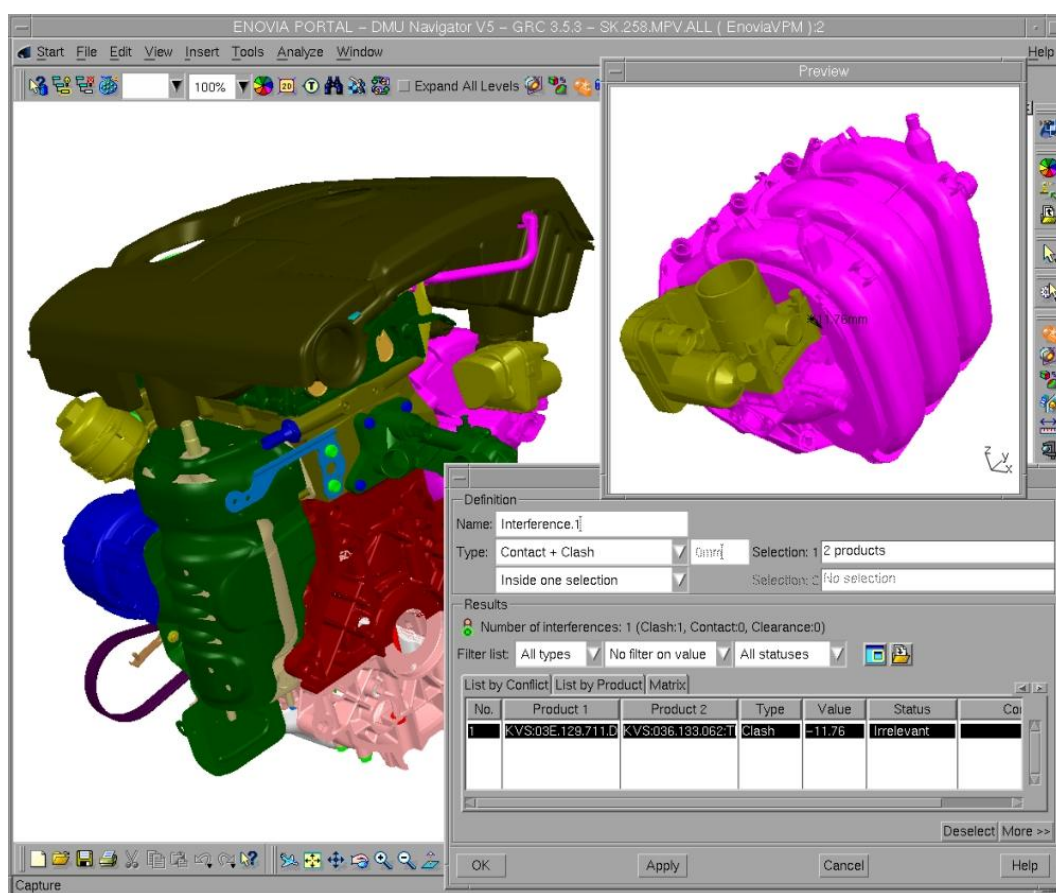
zdroj: Interní materiály Škoda Auto, Škoda DMU Konzernworkshop VW, 2002

5.3.5 VOWA DMU

Analýzy smontovatelnosti, minimálních vzdáleností dílů a sestav včetně změnového řízení v rámci přední části vozu a jednotlivých motorizací.

Postup kontroly dílu ve VOWA DMU:

VOWA analyzátor v TZV pracuje se stromovou strukturou z vývojového DMU pro oblast přední části vozu a provádí kontroly a simulace montáže a demontáže dílu a výsledky prezentuje na VOWA rozhovorech.



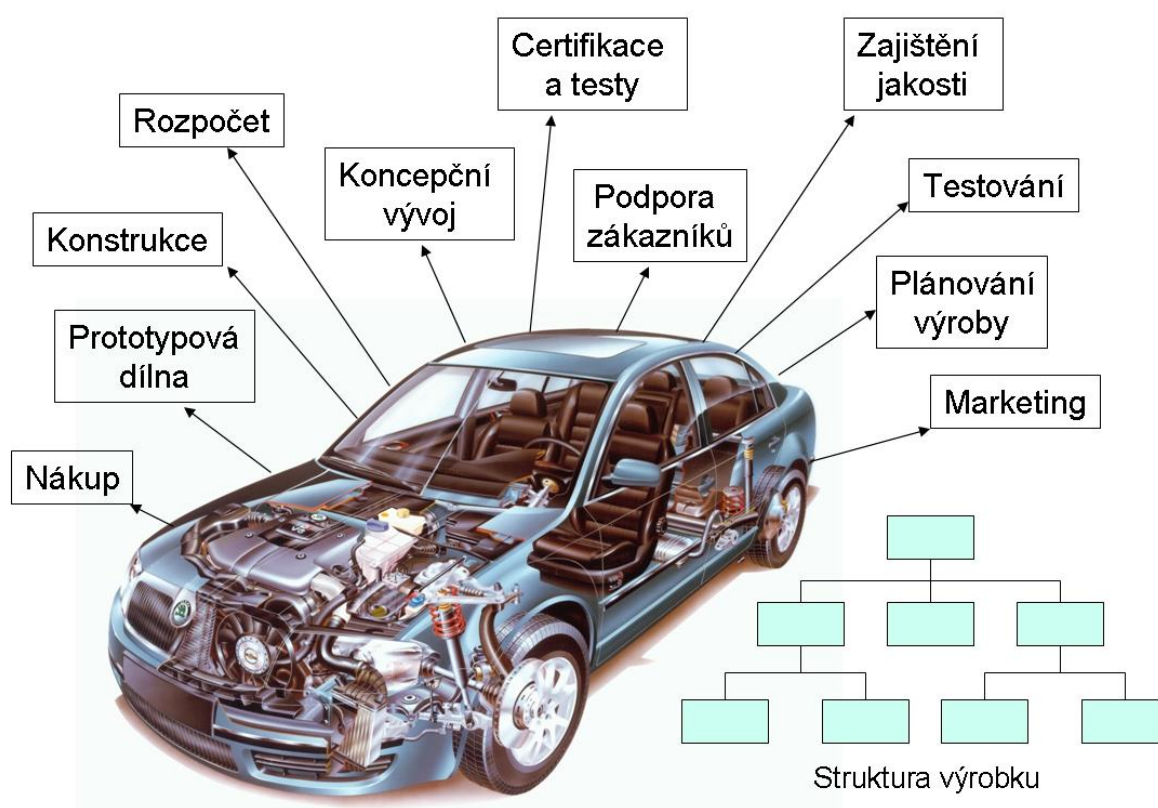
Obr. 38 Příklad kolize a její vizualizace

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, Příklad kolize, 2002

5.3.6 DMU jako zdroj informací

Od svého vzniku jsou informace uložené v databázi VPM využívány v mnoha odděleních navazujících na technický vývoj jako oddělení kvality, plánování výroby a další. Společným úkolem je porovnat skutečný (fyzický) výrobek z před sériové výroby s CAD daty, a umět tak objektivně posoudit, zda řešený problém vznikl při výrobě vozu nebo zda bylo něco opomenuto již ve fázích vývoje. Všichni tito uživatelé data neukládají ani nemění, pouze využívají jednoduchost a přehlednost hledání ve VPM. Většina nepoužívá unixové prostředí VPM, ale přistupuje pomocí webového rozhraní LCS ze svých kancelářských počítačů.

5.3.7 Uživatelé DMU



Obr. 39 Uživatelé DMU

zdroj: Interní materiály Škoda Auto, 1999 + vlastní schéma

6 Výsledky analýzy

Z pohledu Škoda Auto se jedná o nemalé úspory, které tvorba digitálních prototypů přináší. Díky DMU procesům se mohl zredukovat počet fyzických prototypů. Eliminace prototypů redukuje nejen vývojové náklady až o 30%, ale také zkracuje etapu vývoje. Konkrétní čísla uvést nemohu, ale jak víme cena jednoho fyzického prototypu se pohybuje okolo 500 000,- €.

Hlavní problém vidím ve velkém množství izolovaných řešení. Pro každý CAD systém se používá jiný PDM systém, upravený pro specifické podmínky jednotlivých dílčích procesů ve vývoji vozu. Žádný neřeší celý životní cyklus výrobku a vazby na navazující procesy. Proto se dále podívám na každý systém podrobněji a pokusím se odpovědět na otázku, zda se dá některý z nich použít jako komplexní PDM systém.

6.1 HyperKVS

Historicky základní systém pro správu CAD dat ve Škoda Auto a VW a zároveň zdroj pro ostatní systémy, např. VPM. Jedná se o datový archiv nikoli PDM systém. To znamená, že systém neudrhuje vazby mezi CAD modely a sestavami a tudíž se změna v jednom komponentu neprojeví v souvisejících datech. V případě použití jednoho modelu v několika projektech, není uložena tato vazba, a v případě modifikace je nutná ruční změna ve všech projektech.

Pro práci se systémem je nutná znalost číslování dílů či nářadí. Informace totiž nejsou nijak klasifikované, chybí jakékoliv hierarchické organizování jak je typické u PDM systémů.

Ne každý je ale konstruktér, který potřebuje ke své práci drahou CAD aplikaci a ne každý potřebuje data modifikovat. Velké množství uživatelů systému si potřebuje CAD data „pouze“ prohlédnout. To je důvod, proč systém automaticky generuje výkresy ve formátu TIFF, které se dají tisknout nebo prohlížet pomocí standardních aplikací pro prohlížení obrázků. Systém zajišťuje automatickou konverzi CAD dat i do dalších formátů např. VRLM, které uživateli umožňují jejich trojrozměrné prohlížení.

Velkou předností je, že všechny informace a atributy, které jsou v HyperKVS obsaženy, jsou s příslušným oprávněním dostupné pro kohokoli v celém koncernu. Toho je dosaženo pomocí zrcadlení databází, což znamená, že databáze v jednotlivých značkách si aktualizují navzájem uložené informace.

Další výhodou je jednotné uživatelské rozhraní pro celý koncern VW. Uživatel má k dispozici čtyři jazykové mutace (češtinu, němčinu, angličtinu a španělštinu). Systém se jednoduše a intuitivně ovládá. Klade jen minimální požadavky na výkon, díky čemuž může být instalován na všechny běžné kancelářské počítače.

Konstrukční práce neprobíhají pouze interně, ale také z velké části u externích dodavatelů. Ti mají možnost HyperKVS používat, a jsou tak integrováni přímo do procesu vývoje.

HyperKVS je vyvíjen interně ve VW a tým vývojářů dokáže pružně reagovat na potřeby uživatelů. Pro PDM/PLM systém by měl být zdrojem informací.

6.2 VPM

PDM systém s nejdelší historií a největším počtem uživatelů. Výrobce dnešní verzi VPM upravila pro potřeby koncernu. Ve své implementaci se nejvíce přibližuje modernímu PDM systému.

Poskytuje celou řadu základních funkcí:

- klasifikace dokumentů podle typu souborů,
- tvorbu kusovníků – struktur (BOM),
- pokročilé vyhledávání podle vazeb ve struktuře - vyhledání okolních dílů,
- správu uživatelských oprávnění,
- tvorbu konfigurací – variant.

Některé pokročilé funkce však postrádá, např.:

- definování a řízení podnikových procesů – workflow,
- integrace výrobních procesů,
- integrace procesů výpočetních (FEM analýzy),
- integrace externích partnerů.

Mezi jeho hlavní přednosti patří propojení s HyperKVS, které umožňuje takřka okamžitý přístup k primárnímu úložišti CAD dat.

VPM bylo primárně nasazeno v technickém vývoji s cílem podpořit proces DMU, tedy řešení kolizí a zástaveb na digitálních prototypch. Aby tyto analýzy mohly být prováděny i nadále, jsou CAD data ze systémů CATIA V5 a Pro-ENGINEER automaticky překládána do formátu CATIA V4.

Díky dostupnosti velkého množství digitálních informací o voze a mnoha podpůrným programům se jeho využívání neomezilo jen na technický vývoj, ale je používáno také v kvalitě a ve výrobě. Nejvíce se tak přibližuje systémům pro správu životního cyklu výrobku (PLM).

Jedním z nedostatků, který brání širšímu rozšíření jeho využití, je rozdílný pohled na stromovou strukturu výrobku, kusovníku, v technickém vývoji a ve výrobě. Zatímco kusovník pro účely DMU kopíruje v technickém vývoji strukturu oddělení (elektrika, svařená karoserie, interiér,...), kusovník ve výrobě je členěn podle funkčních, tedy montážních celků. To do značné míry omezuje hledání a skládání jednotlivých částí digitálního prototypu pro jiné než DMU procesy. Je to také jeden z důvodů, proč se VPM nepoužívá jako zdroj informací pro simulaci bariérových zkoušek a další FEM analýzy. V tomto případě se nejedná o omezení systému, ale o problém metodiky práce. V případě implementace nové generace PDM systému je nutné brát ohled na rozdílné přístupy a metody hledání a skládání digitálních informací o voze.

Externí konstrukční kanceláře ani dodavatelé nejsou integrováni a nemají do systému přístup, což považuji za velkou nevýhodu. Nemají tak on-line informace o stavu projektu, nových verzích či změnách.

Dnes je již díky své implementaci pouze na prostředí Unix zastaralý. Navíc jeho koncernová implementace umožňuje pracovat pouze z CAD daty CATIA V4, správu ostatní technické či jiné dokumentace nepodporuje. Další vývoj tohoto systému je díky výše zmíněným informacím neperspektivní a neefektivní. Odstranění všech nedostatků je prakticky nemožné, proto společnost Dassault Systèmes ohlásila **ukončení vývoje**.

6.3 *Windchill*

Moderní PDM systém dostupný na obou základních platformách Windows a Unix. Implementace je v koncernu VW omezena pouze na vývoj motorů. Použití ve Škoda Auto je velice sporadické, přístup do systému má pouze 8 konstruktérů.

Umožňuje integraci a správu jak CAD dat, tak ostatních souvisejících dokumentů. Primárně určen pro správu CAD dat systému Pro-ENGINEER.

Jedná se o izolované řešení bez integrace na HyperKVS. CAD data jsou duplicitně ukládána do HyperKVS a do databáze Windchill, což v mnoha případech vede k jejich nekonzistentnosti.

Dalším problémem jsou uživatelská oprávnění, která jsou taktéž řešena dvojmo. Externí konstrukční kanceláře ani dodavatelé nemají do systému přístup.

Vzhledem k poměru CAD dat CATIA:Pro-ENGINEER (90:10) a hlavně pro chybějící vazbu na HyperKVS implementaci systému Windchill jako komplexního koncernového PDM systému **nedoporučuji**.

6.4 SmarTeam

Jedná se o izolované řešení na konci procesu vývoje vozu, kde jediným výstupem je NC program pro výrobu nářadí. Z tohoto důvodu nebylo nutné jeho propojení z HyperKVS. Všechny relevantní dokumenty související s tímto procesem jsou ukládány výhradně do databáze SmarTeam.

Izolovanost tohoto řešení působí problémy zejména při výměně dat. Základem pro vývoj metalurgického nářadí jsou CAD modely. Ty jsou vytvářeny v technickém vývoji pomocí programů CATIA a Pro-ENGINEER. Pokud dojde ke změně dat, je nutné změnit také konstrukci nářadí. Protože se v obou odděleních používá jiný PDM systém, dochází k nekompatibilitě a obrovským časovým ztrátám při hledání platných a aktuálních dat.

SmarTeam je výborné řešení pro jednotlivá oddělení či malé firmy. Pro nasazení v měřítku koncernu VW je ale nevhodný a jeho další rozšiřování **nedoporučuji**.

6.5 TeamCenter

První praktické zkušenosti s touto aplikací a pozitivní ohlasy uživatelů naznačují velký potenciál. Je plně kompatibilní s hlavním CAD SW CATIA V5. Aplikace vychází z požadavků koncernu a používá KVS jako primární zdroj dat a uživatelských oprávnění. Tato integrace ho řadí na první místo mezi používanými PDM systémy.

Nabízí všechny požadované funkce moderního PLM systému:

- řízení životního cyklu dokumentů,
- souběžná týmová práce,
- sdílení informací,
- integrovaný proces změnového řízení,
- jednoduché a intuitivní ovládání,
- rozhraní na ERP systémy (Enterprise Resource Planning), tedy systémy k plánování a řízení podnikových zdrojů.

Systém podporuje ukládání všech typů počítačových dokumentů a v oblasti aplikací CAD podporuje jak CATIA V5, tak Pro-ENGINEER. Vzhledem k dosavadním pozitivním ohlasům od uživatelů, nabízené funkcionalitě a stupni integrace **doporučuji** postupnou integraci do procesů Škoda Auto.

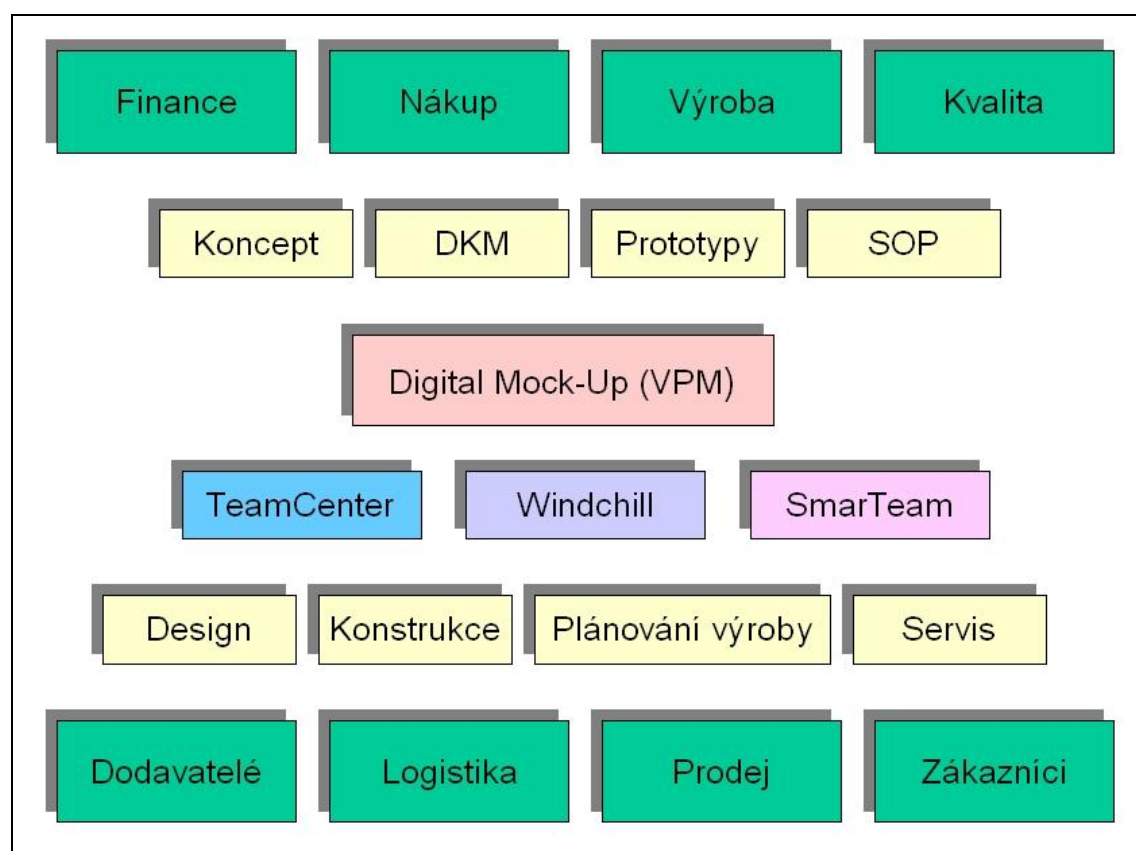
7 Doporučení

Na základě výše sepsaných informací doporučuji následující:

1. Provést konsolidaci používaných PDM/PLM řešení.
2. Implementovat vybrané PDM/PLM řešení v celém procesu řízení životního cyklu výrobku.

7.1 Konsolidace – sloučení PDM/PLM systémů

Roztříštěnost a izolaci jednotlivých PDM řešení v procesu vývoje vozu demonstruje obrázek dnešního stavu. LCA v konstrukci karoserie, Windchill v konstrukci motoru a převodovky, SmarTeam v konstrukci metalurgického náradí a konečně VPM v konstrukci, ve výrobě prototypů, v kvalitě a v plánování výroby.



Obr. 40 PDM systémy ve Škoda Auto a.s. – současný stav

zdroj: Vlastní zpracování, 2007

Navrhuji provést sjednocení PDM/PLM systémů na jeden jediný a to TeamCenter. Po jednotlivých krocích nahradit aplikace SmarTeam, Windchill a VPM. Svůj návrh opírám o následující skutečnosti.

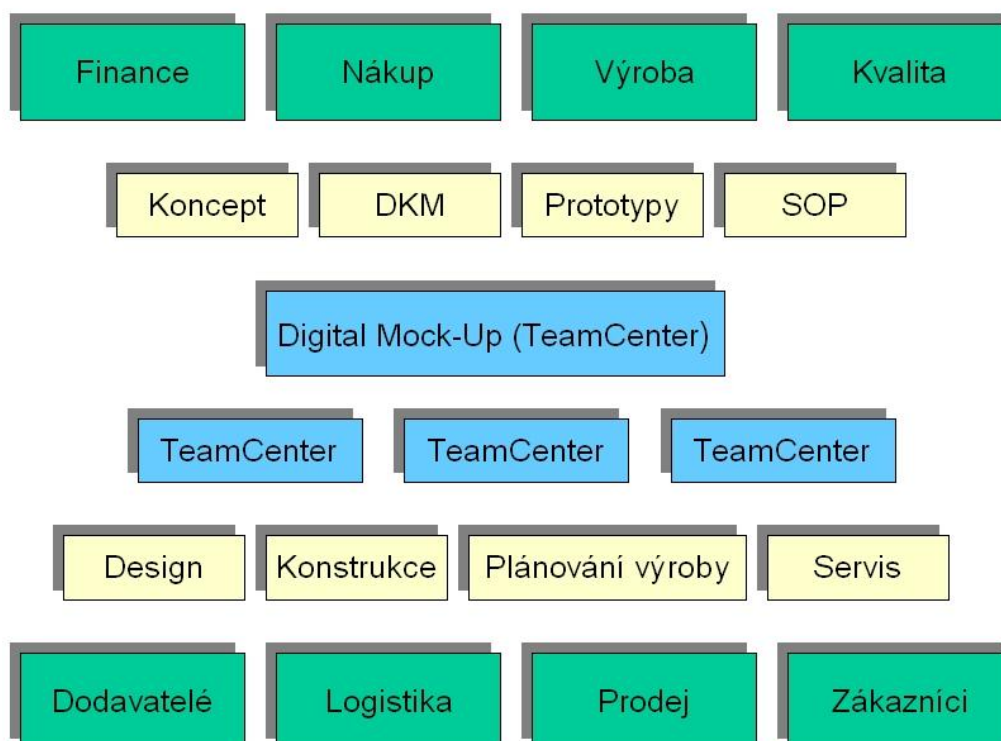
1. TeamCenter není izolované řešení.
2. Je integrován s koncernovým KVS, které je primárním úložištěm dat a zároveň zdrojem informací o uživatelských oprávněních k datům.
3. Díky sjednocení PDM/PLM systémů vznikne jednotná metodika a standardní postupy používání systému, které využijí i znalostí z předchozích řešení.
4. Plně podporuje požadavky uživatelů na moderní a modulární PLM systém:
 - Řeší správu struktury výrobku (kusovník). Udržuje vazby mezi jednotlivými dílci, sestavami a podsestavami ve všech jejich variantách a verzích. Díky webové technologii jsou informace o každé entitě struktury dosažitelné z libovolného místa v požadované kvalitě a čase.
 - Řeší změnové řízení návrhu výrobku. Jednotlivý díl může být součástí jiných skupin, nacházet se v různém stavu rozpracovanosti, apod.
 - Spravuje velké množství dokumentů z hlediska celého životního cyklu výrobku, které mají různou formu i obsah. Výkresy, CAD modely (CATIA, Pro-ENGINEER), výpočty, NC programy a další.
 - Umožňuje sledování toku dokumentů v čase.
 - Integruje externí dodavatele a řeší paralelní procesy při spolupráci vývojových týmů.

5. Konsolidace přinese celkové roční úspory **260 000,- €**

PDM/PLM systém	Roční náklady na support	Roční náklady na infrastrukturu	Roční náklady celkem
VPM	90 000,- €	60 000,- €	150 000,- €
Windchill	40 000,- €	30 000,- €	70 000,- €
SmarTeam	10 000,- €	30 000,- €	40 000,- €
TeamCenter	150 000,- €	60 000,- €	210 000,- €
Celkem náklady	290 000,- €	180 000,- €	470 000,- €
V případě použití pouze jednoho PLM systému			
TeamCenter	150 000,- €	60 000,- €	210 000,- €

Tab. 2 PDM/PLM systémy - roční náklady

Konečné řešení první fáze je zobrazeno na následujícím obrázku:



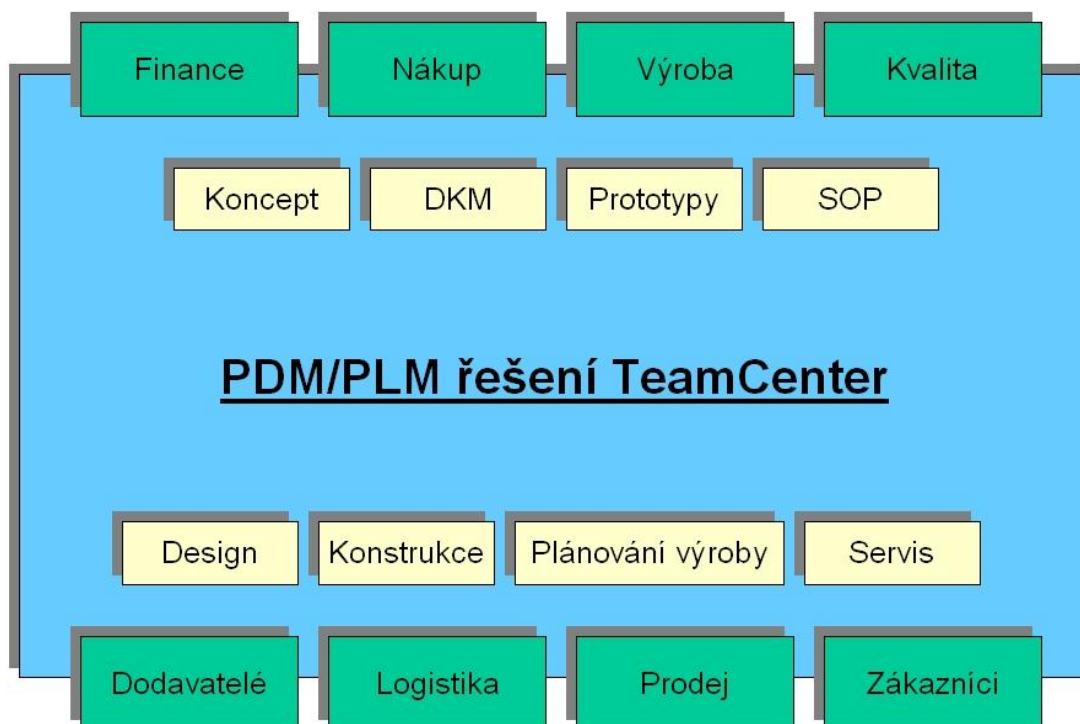
Obr. 41 PDM systémy – konsolidace

zdroj: Vlastní zpracování, 2007

7.2 Implementace – uvedení do praxe

Navrhuji jako další postup po sjednocení PDM/PLM systémů implementovat řešení systému TeamCenter v celém procesu řízení životního cyklu výrobku.

Využít plně potenciál TeamCenter, to znamená obsáhnout celý životní cyklus výrobku od základních požadavků zákazníka, přes vývoj, přípravu výroby, výrobu, prodej, servis, až po likvidaci šetrnou k životnímu prostředí.



Obr. 42 PDM/PLM systémy – implementace

zdroj: Vlastní zpracování, 2007

Výhody, které přináší nasazení PLM systému TeamCenter:

- **Redukce času potřebného pro uvedení výrobku na trh** - jedná se o hlavní výhodu zavedení systému PLM. Existují tři hlavní faktory, které významně ovlivňují zavedení výrobku na trh. Nejvýznamnějším z nich je **rychlost**, jakou je daný výrobek uveden na trh. PLM systémy, které významně ovlivňují **produktivitu a efektivnost práce**, mohou velice významně zkrátit čas pro zavedení výrobku do praxe.
- **Zlepšení produktivity návrhu výrobku** - systémy PLM mohou až o 25 - 30% zkrátit čas potřebný pro návrh nového vozu. Část, která se stará o správu dat, umožňuje svými nástroji efektivně využívat informace, které jsou v systému obsaženy. Na základě klasifikace do tříd je uživatel schopen tyto informace efektivně využít při návrhu nové varianty nebo úplně nového výrobku.
- **Zlepšení přesnosti návrhu výrobku a jeho výrobní připravenosti** - po zavedení PDM systému mají všichni jeho uživatelé k dispozici informace o aktuálním stavu přípravy výrobku. To znamená, že pokud pracujeme se systémem, jsme schopni velice rychle a efektivně zjistit aktuální informace o stavu příprav zavedení výrobku do výrobního procesu. Kdykoliv v tomto procesu jsme schopni ovlivnit stav příprav a v případě potřeby jej ovlivňovat tak, jak je pro celý proces potřebné.
- **Lepší využití kreativních schopností vývojového týmu** - tým vývojářů má neustále k dispozici aktuální informace o výrobku. Tým zpracovatelů nemusí neustále zjišťovat, zda jimi navržená varianta již nebyla diskutována, a může se tak věnovat pouze aktuální a zcela originální variantě řešení.
- **Komfortní využití systému** - v systému PLM nalezneme vždy aktuální informace. Jsou to informace, které jsou potřebné pro co nejoptimálnější a nejefektivnější využití zdrojů, které máme pro návrh systému k dispozici a které můžeme pro naše procesy využít.

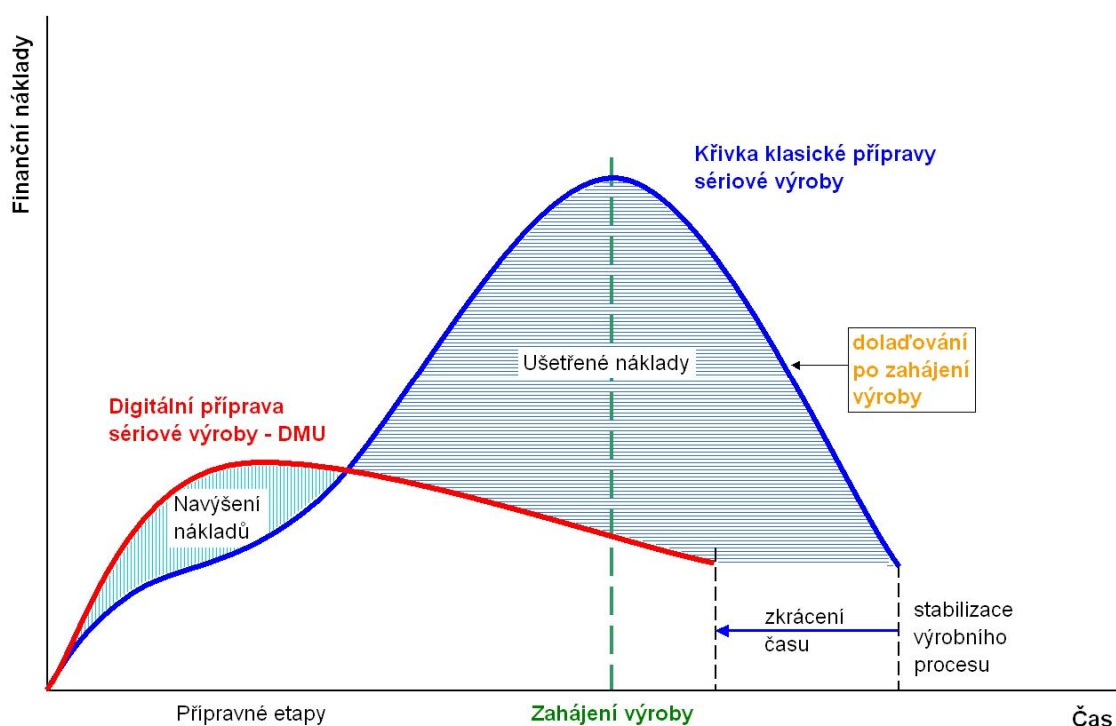
- **Zabezpečení integrity dat** - systém PLM obsahuje vždy jen ty nejaktuálnější data. Jakákoliv změna je do systému zaznamenána a uživatelé pracují s těmito daty. Systém zabezpečuje kontinuitu mezi jednotlivými operacemi a systémy PLM zabezpečují spojitost jednotlivých datových změn.
- **Lepší řízení projektu** - v každém okamžiku jsme schopni zjistit, jaký je aktuální stav příprav při zavedení nového výrobku do výroby nebo jsme schopni získat aktuální stav projektových příprav. Na základě získaných informací je možné velice rychle reagovat a provádět příslušné změny, tak aby bylo možno co neoptimálněji využít dostupných zdrojů.

Finanční úsporu vyčíslit nemohu, ale pokud by se podařilo zkrátit čas potřebný k vývoji nového vozu o **25-30%, znamenalo by to úsporu více než 1 roku!**

Nasazení PLM systému je dlouhodobý proces, vyžadující vysokou míru organizovanosti, jasně definované procesy a podporu nejvyššího vedení společnosti.

8 Ekonomická efektivnost – pozorování

Výsledky výzkumu z mnoha firem říkají, že se vyplatí soustředit se na projekční fáze, tedy modelovat a simulovat virtuální výrobek ve 3D, protože se jednak ušetří náklady na fyzické prototypy, zkoušky a změny, jednak se v těchto fázích definuje až 85 % budoucích nákladů.



Obr. 43 Náklady při využití digitalizace - DMU

Je tedy možné konstatovat, že komplexní digitalizace dokáže pozitivně ovlivnit celou oblast technické přípravy výrobku a výroby. Dokáže přípravné procesy nejenom urychlit, ale i zdokonalit tak, že se zvyšuje kvalita vlastního výrobku i připravenosti výrobní základny.

Navýšení nákladů ve fázi přípravy se bohatě následně vrátí v rychlejším vstupu výrobku na trh a jeho bezproblémovější a tedy mnohem rychlejší růstové fázi, protože chyby, ke kterým v této fázi mnohdy dochází, byly eliminovány v pečlivé přípravě výroby s řadou zkoušek a simulací a nakonec většinou odstraněny v postupech virtuální reality.

8.1 Účinky PLM v oblasti automobilového průmyslu:

PŘÍNOSY	ROZSAH
Rychlejší náběh výroby	až o 15 %
Celková vyšší produktivita	až o 10 %
Zvýšení produktivity stávajících výrobních zařízení	15 – 20 %
Snížení počtu vyr. zařízení, nástrojů, pomocného materiálu	až o 40 %
Snížení investičních nákladů na nová výrobní zařízení	až o 20 %
Zlepšení výrobní kvality	až o 15 %
Zlepšení zralosti produktů	5 – 10 %
Zkrácení projektových časů	až o 20 %
Snížení počtu změnových řízení	až o 20 %
Zvýšení účinnosti v oblasti komunikace a spolupráce	až o 35 %

Tab. 3 Účinky PLM v oblasti automobilového průmyslu

8.2 Celkové úspory



8.2.1 Snížení nákladů

- Roste paralelita vykonávaných prací, což se odráží v nákladech
- Přehlednost a řád v záznamech vylučuje duplicity v celém průběhu přípravných etap
- Snižují se náklady na prototypy – využívá se virtuálních modelů (Mock-up)
- Optimalizace v plánování a projektování snižuje investiční náklady
- Simulace ve virtuálním prostředí ověří nejenom výrobek, ale i vlastní výrobní základnu a to virtuálně bez zakoupení výrobního zařízení
- Snižuje se zmetkovitost

8.2.2 Větší flexibilita

- Digitalizace technické přípravy umožňuje
 - Podstatně vyšší konstrukční variabilitu
 - Zavedení principů stavebnicovosti a modularity
 - Dosažení vyšší univerzality výrobní základny – práce s platformami
 - Zvýšení variability logistických toků
- Simulace dovolí návrhy otestovat před uvedením do provozu a nákupem zařízení

8.2.3 Lepší kvalita

- Digitalizace napomáhá uchovávat a zpracovávat správná data
- Odstraňují se redundance, které jsou častým zdrojem chyb
- Očištěné datové toky zrychlují a zkvalitňují všechny průběhy a procesy
- Simulace zvyšuje míru propracovanosti výrobku a snižuje chybovost a zmetkovitost
- Dochází k eliminaci tzv. dětských nemocí ve fázi zavádění na trh
- Zlepšuje se přehlednost v oblasti vybavení výrobní základny včetně přípravků a měřidel
- Dochází ke zvýšení kvality a přehlednosti v oblasti změnového řízení, pomocných procesů, údržby atp.

8.2.4 Časové úspory

- Koncipování a analyzování probíhá ve virtuálním světě rychleji než ve světě reálném
- Jednou digitálně zachycená data a znalosti můžeme výhodně využít ke zrychlení vývoje produktu i projektu výroby
- Využití kontrolních a simulačních běhů zrychluje získání plně funkčních prototypů
- Digitalizace zpřesňuje a zrychluje komunikaci a spolupráci ve vývoji i výrobě, umožňuje jednodušší napojení dodavatelů
- Snižuje se potřeba rutinních prací
- Zkrácení předvýrobních etap umožňuje zrychlení a zkvalitnění náběhu výroby

9 Závěr

Automobilový trh prochází neustále razantním vývojem. Neustále slyšíme o silné konkurenci, zvyšujícím se počtu nabízených modelů a snižování nákladů. Faktem ale zůstává, že zákazník rozhoduje o úspěchu či neúspěchu značky.

Být schopen pružně a rychle reagovat na požadavky zákazníků znamená efektivně využívat všechny dostupné informace. Jejich množství, díky rozvoji informačních a komunikačních technologií, roste exponenciální řadou a najít ty relevantní může být obtížné a časově náročné.

Předcházet jakýmkoli problémům znamená mít dobře fungující systém pro správu informací v celém životním cyklu výrobku.

Proces tvorby digitálních prototypů je základem pro další evoluční krok ve vývoji CAD a tím jsou systémy PLM.

Ve své práci jsem popisovala proces tvorby digitálních prototypů ve společnosti Škoda Auto, poukázala jsem na jeho omezení a navrhla takové řešení, které umožní efektivní sdílení informací o produktu ve všech jeho životních fázích.

10 Seznam obrazové dokumentace

Obr. 1 Cesta od jednotlivé součástky k virtuálnímu automobilu	13
Obr. 2 Znaky firmy od počátku působení až doposud	14
Obr. 3 Kolo Slavia, 1895	14
Obr. 4 Automobil L&K Voiturette, 1905	15
Obr. 5 Prodej značky Škoda ve světě, 2007	16
Obr. 6 Produkce automobilů v roce 2007	16
Obr. 7 Motivace pro tvorbu digitálních prototypů	17
Obr. 8 Variantní různorodost jednotlivých modelů v čase	18
Obr. 9 Schéma létajícího stroje – Leonardo da Vinci, 1488	19
Obr. 10 Část výkresu nosiče motoru	20
Obr. 11 3D-CAD nosiče motoru	21
Obr. 12 Evoluce CAD	22
Obr. 13 Virtuální vývoj automobilu	23
Obr. 14 DMU – virtuální sestava – zadní levé dveře	24
Obr. 15 Projekt SK258 – Škoda Roomster	25
Obr. 16 Projekt SK258 – Škoda Roomster	26
Obr. 17 Procesní mapa	27
Obr. 18 Pracovní prostředí CATA V4 – motor 1,2L 47kW	28
Obr. 19 Migrace dat	29
Obr. 20 Pracovní prostředí CATIA V5 – tlaková forma - sestava	31
Obr. 21 Pracovní prostředí Pro-Engineer – Sací potrubí	34
Obr. 22 Vstupní data skla předních dveří automobilu připravená pro demontáž k porovnání kinematických softwarů	36
Obr. 23 HyperKVS – systém pro správu konstrukčních dat	37
Obr. 24 VPM – základní okno	38
Obr. 25 VPM – příklad hierarchického uspořádání CAD dat	39
Obr. 26 Windchill – ukázka prostředí	40
Obr. 27 SmarTeam – zobrazení obrazovky	41
Obr. 28 TeamCenter – uživatelské prostředí	45
Obr. 29 TeamCenter v produktu CATIA V5	46
Obr. 30 Interface TeamCenter Engineering s dalšími produkty	47

Obr. 31 Funkce DMU v oddělení výroby prototypu	49
Obr. 32 Nasazení DMU.....	50
Obr. 33 Rozdělení automobilu do zón pro potřeby DMU.....	51
Obr. 34 Proces vývojového DMU – tok dat a informací.....	53
Obr. 35 Přehled činností DMU ve vývoji Škoda Auto	54
Obr. 36 Vývojové DMU – přehled kolizí SK351.....	54
Obr. 37 Hybrid – Škoda díly SK351 (modře)platforma PQ35 (zeleně).....	55
Obr. 38 Příklad kolize a její vizualizace.....	56
Obr. 39 Uživatelé DMU	57
Obr. 40 PDM systémy ve Škoda Auto a.s. – současný stav	65
Obr. 41 PDM systémy – konsolidace	67
Obr. 42 PDM/PLM systémy – implementace.....	68
Obr. 43 Náklady při využití digitalizace - DMU	71

11 Tabulky - seznam

Tab. 1 Porovnání kinematických softwarů při demontáži (nalezení trajektorie) skla předních dveří u automobilu	36
Tab. 2 PDM/PLM systémy - roční náklady	67
Tab. 3 Účinky PLM v oblasti automobilového průmyslu	72

12 Seznam příloh

P1. CD obsahující vypracování diplomové práce

13 Seznam použité literatury

1. ATZ, MTZ (vydání: listopad 2006)
2. ZCA – Vzdělávání dospělých. Manuály CATIA (<http://intranet.mb.skoda.vwg>)
3. Škoda intranet: Pro-Engineer
4. Škoda intranet: CATIA V5
5. Interní materiály, předpisy a technické podklady firmy Škoda Auto a.s.
6. Interní materiály, předpisy a technické podklady firmy Volkswagen a.s.

Internetové stránky:

1. www.skoda-auto.com
2. www.volkswagen.de
3. www.designtech.cz
4. www.cogras.cz
5. www.aveng.cz
6. www.tccad.cz
7. www.ugs.cz
8. www.drawingsofleonardo.org